

Circular Standards – Entwicklung rückbaufähiger Standarddetails

Berichte aus Energie- und Umweltforschung 54/2025

Wien, 2025

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur,
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination: Abteilung III/3 - Energie und Umwelttechnologien

Leitung: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Kontakt zur Mission „Klimaneutrale Stadt“: DIⁱⁿ (FH) Katrin Bolovich

Kontakt zu „Technologien und Innovationen für die klimaneutrale Stadt“: DIⁱⁿ (FH) Isabella Warisch

Autorinnen und Autoren: Dipl.-Ing. Dr.techn. Matthias Lang-Raudaschl, Dipl.-Ing. Saša Ritonja, Dipl.-Ing. Clemens Berlach, Dr.techn. Arquitecta Maria Soledad Vidal Martinez, Roman Berens, B.Sc, Viktoriia Mikhaleva, B.Sc (Institut für Architekturtechnologie – IAT, Technische Universität Graz)

Wien, 2025. Stand: Jänner 2023

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Rückmeldungen:

Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an iii3@bmimi.gv.at.

Rechtlicher Hinweis

Dieser Ergebnisbericht wurde von die/der Projektnehmer:in erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität sowie die barrierefreie Gestaltung der Inhalte übernimmt das Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) keine Haftung.

Mit der Übermittlung der Projektbeschreibung bestätigt die/der Projektnehmer:in ausdrücklich, über sämtliche für die Nutzung erforderlichen Rechte – insbesondere Urheberrechte, Leistungsschutzrechte sowie etwaige Persönlichkeitsrechte abgebildeter Personen – am bereitgestellten Bildmaterial zu verfügen.

Die/der Projektnehmer:in räumt dem BMIMI ein unentgeltliches, nicht ausschließliches, zeitlich und örtlich unbeschränktes sowie unwiderrufliches Nutzungsrecht ein, das übermittelte Bildmaterial in allen derzeit bekannten sowie künftig bekannt werdenden Nutzungsarten für Zwecke der Berichterstattung, Dokumentation und Öffentlichkeitsarbeit im Zusammenhang mit der geförderten Maßnahme zu verwenden, insbesondere zur Veröffentlichung in Printmedien, digitalen Medien, Präsentationen und sozialen Netzwerken.

Für den Fall, dass Dritte Ansprüche wegen einer Verletzung von Rechten am übermittelten Bildmaterial gegen das BMIMI geltend machen, verpflichtet sich die/der Projektnehmer:in, das BMIMI vollständig schad- und klaglos zu halten. Dies umfasst insbesondere auch die Kosten einer angemessenen rechtlichen Vertretung sowie etwaige gerichtliche und außergerichtliche Aufwendungen.

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem FTI-Schwerpunkt „Klimaneutrale Stadt“ des Bundesministeriums für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) und Klima- und Energiefonds (KLIEN). Im Rahmen dieses Schwerpunkts werden Forschung, Entwicklung und Demonstration von Technologien und Innovationen gefördert, mit dem Ziel, einen essentiellen Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität in Gebäuden, Quartieren und Städten zu liefern. Gleichzeitig wird dazu beigetragen, die Lebens- und Aufenthaltsqualität sowie die wirtschaftliche Standortattraktivität in Österreich zu erhöhen. Hierfür sind die Forschungsprojekte angehalten, einen gesamtheitlichen Ansatz zu verfolgen und im Sinne einer integrierten Planung – wie auch der Berücksichtigung aller relevanten Bereiche wie Energieerzeugung, -speicherung und -verteilung, Berücksichtigung von gebauter Infrastruktur, Mobilität und Digitalisierung – angewandte und bedarfsorientierte Fragestellungen zu adressieren.

Um die Wirkung des FTI-Schwerpunkts „Klimaneutrale Stadt“ zu erhöhen, ist die Verfügbarkeit und Verbreitung von Projektergebnissen ein elementarer Baustein. Durch Begleitmaßnahmen zu den Projekten – wie Kommunikation und Stakeholdermanagement – wird es ermöglicht, dass Projektergebnisse skaliert, multipliziert und „Von der Forschung in die Umsetzung“ begleitet werden. Daher werden alle Projekte nach dem Open Access Prinzip in der Schriftenreihe des BMIMI über die Plattform [nachhaltigwirtschaften.at](https://www.nachhaltigwirtschaften.at) frei zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender:innen eine interessante Lektüre.

Inhalt

Vorbemerkung	4
1 Kurzfassung	6
2 Abstract	8
3 Projektinhalt	10
3.1 Ausgangslage.....	10
3.2 Vorgangsweise und Methoden	11
3.2.1 Recherche Standarddetails	11
3.2.2 Auswahl Standarddetails.....	12
3.2.3 Bewertung der Rückbaufähigkeit.....	17
3.2.4 Entwicklung rückbaufähiger Standarddetails.....	24
3.2.5 Einholen von Expert*innen-Wissen	24
4 Ergebnisse	25
4.1 Ausgewählte Standarddetails	26
4.2 Rückbaufähige Standarddetails	27
4.2.1 Attika im Stahlbetonflachdach	28
4.2.2 Fensteranschluss oben, Ziegelwand mit WDVS, Jalousiekasten	46
4.2.3 Sockelanschluss aus Stahlbeton und Keller, mit Holzrahmenwand.....	55
5 Schlussfolgerungen.....	65
6 Ausblick und Empfehlungen	68
Tabellenverzeichnis	69
Abbildungsverzeichnis	70
Abkürzungen.....	74

1 Kurzfassung

Das Bauwesen trägt in hohem Maße zum globalen Endenergieverbrauch (ca. 34 %) ¹, den energiebedingten CO₂-Emissionen (ca. 37 %) ² und dem Ressourcenverbrauchs (ca. 31 %) ³ bei. Im Sinne einer nachhaltigen Gestaltung unserer Umwelt und zur Reduktion dieser Werte ist ein ganzheitlicher Ansatz durch eine Kreislaufwirtschaft zielführend. Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie 2022 formuliert hierzu die Forderung an Gebäude nach Nutzungsflexibilität, modularer Bauweise, Trennbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Bauteilen. ⁴

Aus der aktuellen Konstruktionspraxis, beruhend auf den Methoden vergießen, verschweißen, verkleben, ausschäumen und abdichten, ⁵ resultieren in der Regel jedoch Bauwerke, welche nicht oder nur unter hohem Aufwand selektiv (komponenten- oder baustoffrein) rückgebaut oder an zukünftige Anforderungen angepasst werden können. Dies wird schon früh im Planungsprozess und während der Konstruktions- und Systemfindung bestimmt. Da in dieser Entwurfsphase die tatsächlich verwendeten Produkte noch nicht bekannt sind, wird von einer generellen Anforderung an die Bauelemente und an deren konstruktive Zusammenstellung ausgegangen. Meist geschieht dies durch Leitprodukte und die zugehörigen Planungskataloge in Form standardisierter Konstruktionslösungen, sogenannten „Standarddetails“.

Hier setzt die vorliegende Sondierung an. Indem das Ziel darin bestand, im Sinne einer kreislauffähigen Konstruktion, neue „standardisierte“ rückbaufähige Konstruktionsdetails zu entwickeln. Die Fähigkeit der Rückbaubarkeit ist in diesem Kontext als das Ausmaß definiert, in dem Objekte (Produkte und Elemente) rückgebaut werden können, ohne bei diesem Prozess die Funktionalität des Objekts selbst oder umgebender Objekte zu beeinträchtigen. ⁶

Hierzu wurden eine Recherche und Auswahl von Standarddetails durchgeführt, wie auch eine (geringfügige) Umplanung dieser Details, um dem aktuellen österreichischen Baustandard bestmöglich zu entsprechen. Hierbei wurden Expert*innen aus der Praxis zu Rate gezogen. Anschließend wurde die Rückbaufähigkeit dieser Standarddetails bewertet. Darauf folgte eine konstruktive Umplanung im Hinblick auf einen möglichst hohen Grad an Rückbaufähigkeit. Diese Details wurden erneut mit Expert*innen aus der Praxis für eine Abschätzung der bautechnischen Umsetzbarkeit

¹ United Nations Environment Programme 2023, 24.

² Ebd., 29.

³ United Nations Environment Programme 2024, 34.

⁴ Vgl. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie 2022, 53.

⁵ Vgl. Umweltbundesamt 2015, 74.

⁶ Vgl. van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021, 7.

besprochen und konkretisiert. Abschließend erfolgte eine erneute Bewertung der Rückbaufähigkeit und die Ableitung von Problemstellen und Potentialen.

Die Projektergebnisse umfassen die Auswahl 18 konstruktiver Standarddetails, 18 rückbaufähigere Standarddetails und die jeweilige Bewertung der Rückbaufähigkeit. Als weiteres Projektergebnis wurde die gewählte Bewertungsmethode („Circular Buildings: Disassembly Potential measurement method, Version 2.0“)⁷ weiterentwickelt. Im hier vorliegenden Bericht sind exemplarisch drei Standarddetails (standard- und rückbaufähigere Ausführung) inklusive Bewertung dargestellt, wie auch die weiterentwickelte Bewertungsmethode.

Wie im Projekt festgestellt werden konnte, bietet die ausgewählte Bewertungsmethode viel Potential für eine Anwendung im Kontext des rückbaufähigen und kreislauffähigen Bauens. Hierzu besteht jedoch auch Bedarf für eine Weiterentwicklung. Dies betrifft unter anderem die Verknüpfung der Methode mit dem Planungsprozess, die Zuordnung von zu bewertenden Objekten zu Lebensdauergruppen, hierbei auch die Organisation der Bauteilschichten nach Abrechnungs- und Leistungsbildern sowie nach Gewerken, die Gewichtung der Objekte, die Konkretisierung und Aktualisierung der Bewertungskriterien wie auch die Integration neuer Bewertungskriterien.

Im Bereich der Konstruktion wurde festgestellt, dass Bauelemente in (für eine Kreislaufwirtschaft) sinnvolle Gruppen einzuteilen und als diese Gruppen ein- und rückzubauen sind. Darüber hinaus kann bei manchen Konstruktionen, für eine Erhöhung der Rückbaubarkeit, die Anforderung bestehen, einen Systemwechsel in der Konstruktion vorzunehmen. Sich somit vom Baustandard etwas zu entfernen, was Schrittweise erfolgen könnte. Zudem beeinflussen Abdichtungen wie auch das Verkleben von Baukomponenten die Rückbaubarkeit wesentlich. Generell besteht im Bereich der Konstruktion Bedarf für die Entwicklung rückbaufähiger Details in größerem Umfang. Wobei der aktuelle Baustandard als Ausgangspunkt dienen sollte. Hierbei sind für eine größtmögliche Praxis-tauglichkeit Expert*innen unterschiedlicher Bereiche des Bauwesens (z.B. Planung, Bauphysik, Bauablauf, Statik) einzubinden und gemeinsam Lösungen zu erarbeiten.

⁷ Vgl. van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021.

2 Abstract

The construction industry is a significant contributor to global final energy consumption (approx. 34%)⁸, energy-related CO₂ emissions (approx. 37%)⁹ and resource consumption (approx. 31%)¹⁰. In terms of shaping our environment sustainably and reducing these values, a holistic approach through a circular economy is expedient. The Austrian Circular Economy Strategy 2022 addresses this by formulating the requirements for buildings to incorporate flexibility of use, modular construction, separability and the reusability of components.¹¹

However, current construction practices, based on the methods of casting, welding, bonding, foaming and sealing,¹² generally results in structures where selective dismantling (into components or building materials) or adaptation to future requirements is impossible, or requires significant efforts. This is determined early on in the planning process and during the design- and system development phase. As the actual products used are not yet known in this stage, a general requirement for the components and their structural composition is assumed. In most cases, this is done using reference products and associated planning catalogs, which provide standardized design solutions, so-called “standard details”.

This is where the present exploratory study comes in. The aim was to develop new “standardized” deconstructable construction details in the sense of a circular construction. In this context, the ability to deconstruct is defined as the extent to which objects (products and elements) can be deconstructed without impairing the functionality of the object itself or surrounding objects during this process.¹³

For this purpose, research and selection of standard details was carried out, following a (minor) redesign, to reflect the current Austrian building standard as best as possible. Experts from the field were consulted. The deconstructability of these standard details was then assessed. This was followed by a constructive redesign with a goal to achieve the highest possible degree of deconstructability. These details were again discussed and specified with experts from the field to assess the constructional feasibility. Finally, a renewed assessment of the deconstructability and the derivation of problem areas and potentials was carried out.

⁸ United Nations Environment Programme 2023, 24.

⁹ Ebd., 29.

¹⁰ United Nations Environment Programme 2024, 34.

¹¹ Vgl. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und technologie 2022, 53.

¹² Vgl. Umweltbundesamt 2015, 74.

¹³ Vgl. van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021, 7.

The project results include the identification of 18 constructive standard details, 18 standard details that can be more easily dismantled and the respective assessment of the deconstructability. As a further project result, the selected evaluation method (“Circular Buildings: Disassembly Potential measurement method, Version 2.0”)¹⁴ was further developed. This report presents examples of three standard details (standard and more deconstructable design) including evaluation, as well as the further developed evaluation method.

As was established in the project, the selected assessment method offers great potential for application in the context of deconstructable and circular construction. However, there is also a need for further development. This concerns, among other things, the linking of the method to the planning process, the categorization of objects to be evaluated into groups by service life expectancy, the organization of the component layers according to accounting and service profiles as well as according to trades, the prioritization of the objects, the concretization and updating of the evaluation criteria as well as the integration of new evaluation criteria.

In the area of construction, it was determined that construction elements should be divided into meaningful groups (for a circular economy) and should be installed and dismantled as these groups. In addition, some constructions may require a construction system change in order to increase deconstructability. This means moving away from the construction standard, which could be done gradually. In addition, sealing and the bonding of building components have a significant influence on deconstructability. In general, there is a need for the development of deconstructable details on a larger scale in the area of construction. The current building standard should serve as a starting point. Experts from different areas of the construction industry (e.g. planning, building physics, construction process, statics) should be involved and solutions jointly developed to ensure the greatest possible practical suitability.

¹⁴ Vgl. van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021.

3 Projektinhalt

3.1 Ausgangslage

Das Bauwesen trägt in hohem Maße zum globalen Endenergieverbrauch (ca. 34 %) ¹⁵, den energiebedingten CO₂-Emissionen (ca. 37 %) ¹⁶ und dem Ressourcenverbrauchs (ca. 31 %) ¹⁷ bei. Im Sinne einer nachhaltigen Gestaltung unserer Umwelt und zur Reduktion dieser Werte ist ein ganzheitlicher Ansatz durch eine Kreislaufwirtschaft zielführend. Dies betrifft die Herstellung, die Nutzung und den Rückbau von Architekturen. Wobei im Kontext einer möglichst hohen Lebensdauer der Gebäude und der Baukomponenten die Resilienz zu betonen ist. Resilienz als die Fähigkeit, auf kurz- und langfristige Anpassungen (z.B. durch geänderte Nutzungen oder klimatische Bedingungen) reagieren zu können. Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie 2022 formuliert dementsprechend die Forderung an Gebäude nach Nutzungsflexibilität, modularer Bauweise, Trennbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Bauteilen. ¹⁸

Aus der aktuellen Konstruktionspraxis, beruhend auf den Methoden vergießen, verschweißen, verkleben, ausschäumen und abdichten, ¹⁹ resultieren in der Regel jedoch Bauwerke, welche nicht oder nur unter hohem Aufwand selektiv (komponenten- oder baustoffrein) rückgebaut oder an zukünftige Anforderungen angepasst werden können. Dies wird insbesondere im Rahmen der Planung, anhand von Konstruktionsdetails (Detailzeichnungen) bestimmt. Die Planung der grundlegenden Konstruktions- und Systemfindungen findet schon früh im Planungsprozess und meist in der Vorentwurfsphase statt. Die konkretere Konstruktionsdetailplanung folgt in der Entwurfsphase und wird im Zuge der Ausführungsplanung „nur“ noch weiter ausgearbeitet und verfeinert. Da in der Entwurfsphase die tatsächlich verwendeten Produkte noch nicht bekannt sind, wird von einer generellen Anforderung an die Bauelemente und an deren konstruktive Zusammenstellung ausgegangen. Meist geschieht dies durch Leitprodukte und die zugehörigen Planungskataloge in Form standardisierter Konstruktionslösungen, sogenannten „Standarddetails“. Standarddetails entsprechen dem aktuellen Stand der Technik der Baustelle. Es wird somit abgebildet, was derzeit technisch und handwerklich umgesetzt werden kann, wie auch, welche Baumaterialien und Baustoffe am Markt zur Verfügung stehen.

Hier setzt die vorliegende Sondierung hier an. Indem das Ziel darin bestand, im Sinne einer kreislauffähigen Konstruktion, neue „standardisierte“ Konstruktionsdetails zu entwickeln. Wie auch

¹⁵ United Nations Environment Programme 2023, 24.

¹⁶ Ebd., 29.

¹⁷ United Nations Environment Programme 2024, 34.

¹⁸ Vgl. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie 2022, 53.

¹⁹ Vgl. Umweltbundesamt 2015, 74.

Problemstellen und Potentiale im Kontext abzuleiten. Der Begriff der Kreislauffähigkeit bezieht sich dementsprechend auf Konstruktionsdetails wie auch auf die höchste Stufe des kreislauffähigen Handels, auf die direkte Wiederverwendung²⁰ von Bauteilen (z.B. Stützen, Wandscheiben, Deckenplatten), Baukomponenten (z.B. Fenster) und Einzelteilen (z.B. Fußbodenparkett, Estrich, Lattungen). Für die Wiederverwendung dieser Objekte ist eine „Rückbaufähigkeit“ gefordert. Diese Fähigkeit ist als das Ausmaß definiert, in dem Objekte (Produkte und Elemente) rückgebaut werden können, ohne bei diesem Prozess die Funktionalität des Objekts selbst oder umgebender Objekte zu beeinträchtigen.²¹

3.2 Vorgangsweise und Methoden

Die Sondierung „Circular Standards“ behandelt die Rückbaufähigkeit von Standard-Konstruktionsdetails im österreichischen Bauwesen. Weitere Aspekte von Kreislauffähigkeit wie bspw. Logistik, Rechtliche Aspekte, Materialität, Schadstoffgehalt oder auch das Management von Bauteildaten werden ausgeklammert.

Im Projekt wurden eine Recherche und Auswahl von Standarddetails durchgeführt, wie auch eine (geringfügige) Umplanung dieser Details, um dem aktuellen österreichischen Baustandard bestmöglich zu entsprechen. Hierbei wurden Expert*innen aus der Praxis zu Rate gezogen. Anschließend wurde die Rückbaufähigkeit dieser Standarddetails bewertet. Darauf folgte eine konstruktive Umplanung im Hinblick auf einen möglichst hohen Grad an Rückbaufähigkeit. Diese Details wurden erneut mit Expert*innen aus der Praxis besprochen und konkretisiert. Abschließend erfolgte eine erneute Bewertung der Rückbaufähigkeit und die Ableitung von Problemstellen und Potentialen im Kontext einer rückbaufähigen Bauweise. Diese Arbeitsschritte und Methoden werden nachfolgend näher beschrieben.

3.2.1 Recherche Standarddetails

Die Recherche und Sammlung von Standarddetails erfolgte anhand von drei Hauptquellengruppen. Es wurden Details aus Fachbüchern (z.B. Baukonstruktion – vom Prinzip zum Detail von José Luis Moro,²² Baukonstruktion von Mezera, Bednar und Riccabona²³), von Herstellern (z.B. Paul

²⁰ Vgl. Hillebrandt et al. 2021, 17.

²¹ Vgl. van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021, 7.

²² Moro et al. 2019.

²³ Mezera, Bednar, Riccabona 2017.

Bauder GmbH & Co. KG,²⁴ Knauf KG,²⁵ Wienerberger Österreich GmbH²⁶) und von Interessenvertretungen (z.B. Dataholz.eu,²⁷ Baudatenbank.at²⁸) gesammelt, wobei eine möglichst große Bandbreite an Quellen und Konstruktionsdetails angestrebt wurde. Fachbücher wurden über die Bibliothek der *Technischen Universität Graz* bezogen. Details von Herstellern und Interessenvertretungen konnten durch Internet-Recherchen aufgefunden werden. Je nach Quelle wurden einzelne spezifische oder eine Vielzahl an Details gewonnen. Das Ergebnis dieser Recherche bilden 245 Details, welche nach Bausituationen (Dach, Außenwand, usw.), Bauweise (Stahlbeton, Mauerwerk, Holz) sowie nach Baustatus (Neubau/ Sanierung) gruppiert und sortiert wurden.

3.2.2 Auswahl Standarddetails

Auf die Recherche folgte die Auswahl der zu bearbeitenden Standarddetails. Eine erste Auswahl wurde anhand der bautechnischen Vielfalt durch Workshops und Besprechungen im Team getroffen. So konnten die Details von 245 auf 120 reduziert werden. Bei der weiteren Auswahl sollte, für einen großen Hebel im Kontext des kreislauffähigen Bauens, wie auch für eine breite Anwendbarkeit der Projektergebnisse, der aktuelle österreichische Baustandard möglichst breit abgebildet werden. Dies erfolgte anhand der Auswahlkriterien „Gebäude-Nutzungstyp“, „Materialzusammensetzung“, „Konstruktive Vielfalt“ (Kernelemente) und „Baustatus“ (Neubau oder Sanierung).

3.2.2.1 Gebäude-Nutzungstyp

Beim Kriterium „Gebäude-Nutzungstyp“ erfolgte eine Einschätzung, für welche Nutzung oder Funktion Gebäude aktuell gebaut werden. Hierzu wurde eine statistische Recherche anhand von Daten der *Statistik Austria* durchgeführt und der Neubau der letzte 10 Jahre (Erhebung Baubestand zwischen 2014 und 2024) abgeschätzt. Dies erfolgte anhand der Daten des Gebäude- und Wohnungsregisters, wobei durch die *Statistik Austria* darauf hingewiesen wird, dass diese nur eingeschränkt mit der Gebäude- und Wohnungszählung (GWZ) vergleichbar ist. Was für die hier vorliegende Abschätzung jedoch unwesentlich ist.

Da bei dieser Berechnung keine Daten über den Rückbau von Gebäuden einfließen, stellt diese Zahl eine Mindestsumme an neu hergestellten Gebäuden dar. Die tatsächliche Bautätigkeit kann somit höher liegen. Für eine vereinfachte Darstellung der Nutzungskategorien erfolgte zudem eine Übersetzung der Kategorien der *Statistik Austria* in die ARK-Haus-Methode.²⁹ Dies entspricht folgenden vier Nutzungstypen: „Einfamilienhaus“, „Mehrfamilienhaus“, „Dienstleistungsgebäude“

²⁴ Bauder.

²⁵ Knauf GmbH.

²⁶ Wienerberger.

²⁷ Dataholz.

²⁸ Baudatenbank.

²⁹ Vgl. Lichtensteiger 2006.

und „Produktionsgebäude“. Wobei die Kategorien „sonstige Bauwerke und Pseudobaulichkeiten“ sowie „unbekannt“ weggelassen wurden. Der so erhobene Gebäude-Nutzungstyp für den Neubau der letzten 10 Jahre für Österreich ist in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 1: Gebäude-Nutzungstyp anhand Gebäudebestand in Österreich anhand Erhebungen im Jahr 2014 und 2024 sowie Abschätzung des Neubaus, basierend auf Daten der Statistik Austria

Gliederung „ARK-Haus-Methode“ ³⁰	Gliederung „Statistik Austria“ anhand Bestandsdaten 2024 ³¹	Gebäudeanzahl 2014 ³²	Gebäudeanzahl 2024 ³³	Gebäudeanzahl Neubau 2014-2024	% vom Gesamtneubau
Einfamilienhäuser (EFH)	Wohngebäude mit einer Wohnung	1.473.642	1.595.424	121.782	60,1
Mehrfamilienhäuser (MFH)	Wohngebäude mit zwei Wohnungen	529.293	581.367	52.074	25,7
	Wohngebäude mit drei oder mehr Wohnungen				
	Wohngebäude für Gemeinschaften				
Dienstleistungsgebäude (DLG)	Hotels und ähnliche Gebäude	133.785	151.140	17.355	8,6
	Bürogebäude				
	Groß- und Einzelhandelsgebäude				
	Gebäude des Verkehrs- und Nachrichtenwesens				

³⁰ Lichtensteiger 2006.

³¹ Statistik Austria 2024.

³² Statistik Austria 2014.

³³ Statistik Austria 2024.

Gliederung „ARK-Haus-Methode“ ³⁰	Gliederung „Statistik Austria“ anhand Bestandsdaten 2024 ³¹	Gebäudeanzahl 2014 ³²	Gebäudeanzahl 2024 ³³	Gebäudeanzahl Neubau 2014-2024	% vom Gesamtneubau
	Gebäude für Kultur- und Freizeitwecke, das Bildungs- und Gesundheitswesen sowie Sakralbauten				
Produktionsgebäude (PRG)	Industrie- und Lagergebäude	73.171	84.689	11.518	5,7

Wie sich zeigt, besitzt der Großteil der zwischen 2011 und 2021 hergestellten Gebäude die Funktion „Wohnen“ (Einfamilienhäuser (EFH) und Mehrfamilienhäuser (MFH)) mit 85,8 %. Gefolgt von Dienstleistungsgebäude (DLG) mit 8,6 % und Produktionsgebäude (PRG) mit 5,7 %. Der Großteil der ausgewählten Standarddetails sollte somit eine Wohnnutzung oder Dienstleistung abbilden.

3.2.2.2 Materialzusammensetzung

Eine Annäherung an die „Materialzusammensetzung“ des aktuellen Baustandards in Österreich erfolgte anhand materialspezifischer Durchschnittswerte und weiterführender Recherchen. Beispielsweise können materialspezifischer Durchschnittswerte anhand der oben erwähnten ARK-Haus-Methode für die Schweiz³⁴ oder mittels weiterführender Literatur (z.B. Haberl et al.³⁵, Alaux et al.³⁶) erhoben werden. Generell ist die Ableitung eines materialspezifischen Baustandards jedoch komplex und nur mit hohem Aufwand zu bewerkstelligen. Zudem sind aktuelle und zukünftige Entwicklungen schwer abzuschätzen (beispielsweise bestehen Tendenzen zu einem erhöhten Einsatz von Holz^{37 38}). Aus diesen Gründen, und da eine genaue Abschätzung nicht dem Projektziel entspricht, wurde bei der Detailauswahl nicht die Abbildung des aktuellen oder eventuell zukünftig bestehenden Materialeinsatzes, sondern eine materialspezifische Vielfalt angestrebt.

³⁴ Vgl. Lichtensteiger 2006.

³⁵ Haberl et al. 2021.

³⁶ Alaux et al. 2024.

³⁷ Vgl. Höher, Dolezal, Stirimitzer Mai 2021, 15.

³⁸ Vgl. Teischinger, Stingl, Zupal 2011.

3.2.2.3 Baustatus

Für eine Abschätzung des Kriteriums „Baustatus“ wurden Recherchen im Kontext der Sanierungstätigkeit in Österreich durchgeführt. Die Sanierung von Altbestand betrifft, aufgrund der hohen Anzahl an Gebäuden mit dieser Nutzung, vor allem Wohngebäude. Die dementsprechende Sanierungsrate innerhalb der Wohnbauförderung erreichte 2009 ihren Höhepunkt mit 1,8%.³⁹ In diesem Jahr wurden annähernd 55.000 Wohneinheiten umfassend thermisch-energetisch saniert, im Jahr 2022 waren es kaum noch 18.000. Die durchschnittliche Sanierungsrate in den Jahren 1990-2022 lag bei 1,2%.⁴⁰

Im Zuge der Förderungsaktion „Österreich ist nicht ganz dicht“ des Jahres 2024 wird die Sanierung von Ein- und Zweifamilienhäusern, Reihenhäusern, mehrgeschoßigen Gebäuden mit mindestens drei Wohneinheiten und Reihenhäusern, sowie überwiegend betrieblich genutzte Gebäuden angestrebt.⁴¹ Für Wohngebäude betrifft das beispielsweise die Dämmung der Außenwände, die Dämmung der obersten Geschoßdecke bzw. des Daches, die Dämmung der untersten Geschoßdecke bzw. des Kellerbodens und den Tausch oder die Sanierung der Fenster und der Außentüren.⁴² Für betrieblich genutzte Gebäude werden zudem außenliegende Verschattungssysteme ermöglicht.⁴⁴

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass eine Sanierung von Bestandsgebäuden überwiegend auf thermischer Ebene, durch die Ergänzung von Wärmedämmung aber auch durch den Austausch von Fenstern angestrebt wird, jedoch in der Praxis nur in sehr geringem Umfang stattfindet. Die ausgewählten Details sollen somit den Neubau abbilden. Um dennoch mögliche Sanierungen zu behandeln, wurde bei der Detailauswahl darauf geachtet, dass auch mögliche Aspekte einer Sanierung abgebildet werden.

3.2.2.4 Konstruktive Vielfalt

Eine möglichst hohe „konstruktive Vielfalt“ wurde erreicht, indem die konstruktiven Kernelemente oder Leitpunkte von Gebäuden definiert und bei der Detailauswahl abgebildet wurden. Diese Definition entstammt der aktuellen Einteilung der Konstruktionslehre des *Institutes für Architekturtechnologie an der Technischen Universität Graz*:

- Dach
- Außenwand

³⁹ Vgl. Storch, Schieder 2020, 34.

⁴⁰ Vgl. IIBW - Institut für Immobilien, Umweltbundesamt GmbH Dezember 2023, 40.

⁴¹ Vgl. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie 2024.

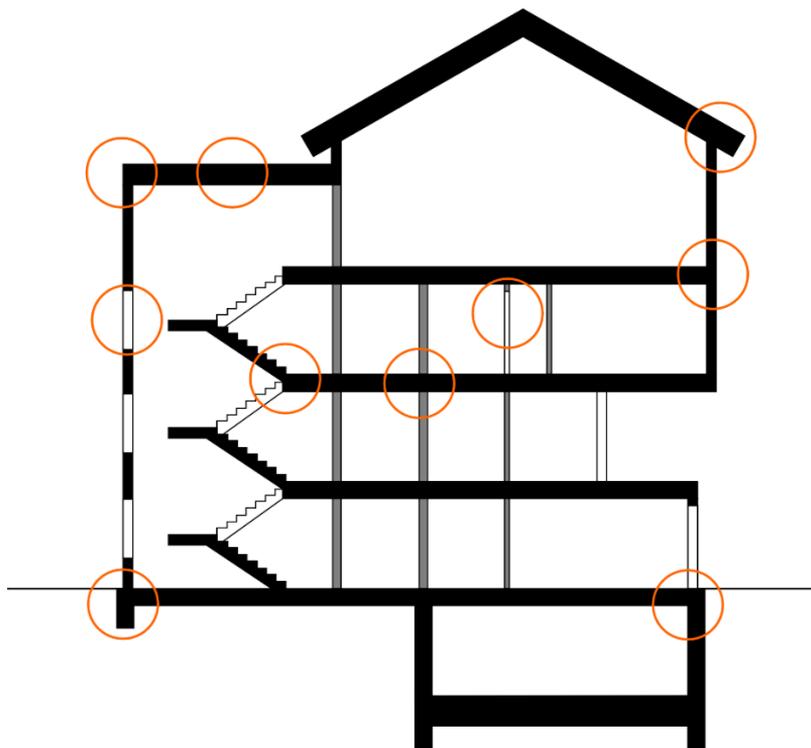
⁴² Vgl. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie 2024.

⁴³ Vgl. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie 2024.

⁴⁴ Vgl. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie 2024.

- Fenster
- Außentür
- Trennwand
- Innentür
- Treppe
- Sockel
- Keller

Abbildung 1: Konstruktive Vielfalt [Institut für Architekturtechnologie (IAT), TU Graz]



Auf Basis der oben genannten vier Kriterien wurden 18 Details ausgewählt und zeichnerisch, durch die Anwendung der Architekturplanungssoftware *Archicad (Graphisoft SE)*, digital abgebildet.

3.2.3 Bewertung der Rückbaufähigkeit

Die Bewertung und die Analyse der Methode und Ergebnisse hat das Ziel, in den Details Schwachstellen hinsichtlich der Rückbaufähigkeit zu identifizieren. Hierzu wurden zunächst Bewertungssysteme welche bereits in Anwendung sind (z.B. Level(s)⁴⁵, DGNB⁴⁶, Klimaaktiv⁴⁷), Systeme im Bereich der Forschung (z.B. Circular Buildings: Disassembly Potential measurement method 2.0⁴⁸, Zirkularitätsfaktor zur Bewertung des Kreislaufpotenzials⁴⁹) und Leitfäden sowie Tools für Planer*innen (z.B. Circular Buildings Toolkit⁵⁰, SEDA⁵¹) recherchiert und analysiert. Für das Projektziel und eine detaillierte und konstruktionsbezogene Bewertung von Details und Baukonstruktionen wurde das Bewertungssystem „Circular Buildings: Disassembly Potential measurement method, Version 2.0“⁵² als besonders zielführend eingeschätzt und ausgewählt. Die Methode dieses Systems, wie auch Weiterentwicklungen oder Anpassungen welche im Projekt erfolgten, sind nachfolgend dargestellt. Auch wenn diese hier im Kapitel 3.2 angeführt sind, sind diese Weiterentwicklungen als Projektergebnis zu sehen.

Bei Anwendung der Methode wird das „Demontagpotential“ (oder die Rückbaufähigkeit) der einzelnen Produkte (Komponente, die an die Baustelle geliefert wird) und Elemente (Komponente, die aus mehreren Produkten besteht und an die Baustelle geliefert wird) im Kontext anderer Produkte oder Elemente bewertet. Dies erfolgt anhand eines 2D-Detailschnittes. Dichtungsmaterialien werden hierbei ausgeklammert.⁵³ Da Abdichtungen (z.B. auf Flachdächern oder im Sockelbereich) laut Meinung des Projektteams die Rückbaubarkeit von Konstruktionen jedoch in einem hohen Maß beeinflussen, werden sie im Projekt wie folgt bewertet:

- Abdichtungsfolien und Lagen die als Teil eines Bauteilaufbaus zu sehen sind werden als eigenständige Objekte bewertet.
- Voranstriche unter Abdichtungen werden als Verbindungsträger oder Teil einer Verbindung betrachtet und nicht eigenständig bewertet.
- Fugendichtbänder werden als eigenständige Objekte bewertet.
- Untergeordnete Komponenten mit Dichtungsaufgaben, wie z.B. dauerelastische Fugen, Türdichtungstreifen, Rillenbänder und Fensterverglasungsdichtungen werden einem übergeordneten Element zugeordnet. Es erfolgt keine eigenständige Bewertung.

⁴⁵ European Commission.

⁴⁶ DGNB.

⁴⁷ Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie 2020, 25.

⁴⁸ Van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021.

⁴⁹ Stadt Wien.

⁵⁰ Arup.

⁵¹ Morgan, Stevenson 2005, 2.

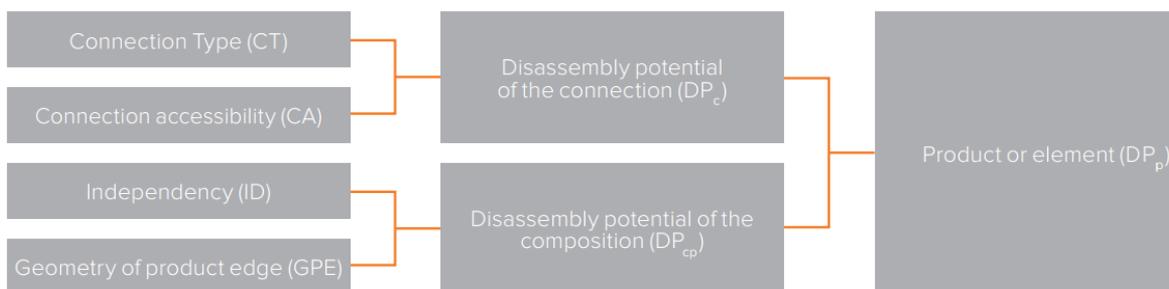
⁵² Van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021.

⁵³ Vgl. Ebd., 9.

Für den Begriff „Produkt“ oder „Element“ werden in diesem Bericht auch die Begriffe „Komponente“ und „Objekte“ benutzt. Diese sind als gleichwertig zu betrachten.

Das mit der Methode nach Vliet et al. zu errechnende „Demontagepotenzial eines Produkts oder Elements“ (DP_p) setzt sich aus dem „Demontagepotenzial der Verbindung“ (DP_c) und dem „Demontagepotenzial der Komposition“ (DP_{cp}) zusammen. Das „Demontagepotenzial der Verbindung“ (DP_c) wird wiederum aus „Art der Verbindung“ (CT) und „Zugänglichkeit der Verbindung“ (CA) gebildet. Das „Demontagepotenzial der Komposition“ aus „Unabhängigkeit“ (ID) und „Geometrie der Produktkante“ (GPE) (siehe Abbildung 2).⁵⁴ Für ein Produkt oder Element eines Details werden somit vier verschiedene Indikatoren definiert. Diese Indikatoren werden nun näher beschrieben.

Abbildung 2: Schritt-für-Schritt-Plan zur Bewertung des Demontagepotenzials eines Produkts oder Elements⁵⁵



3.2.3.1 Demontagepotenzial der Verbindung (DPc)

Das „Demontagepotenzial der Verbindung“ umfasst wie oben genannt die Bewertung der „Art der Verbindung“ (CT) und der „Zugänglichkeit der Verbindung“ (CA).

3.2.3.1.1 Bewertung Art der Verbindung (CT)

Die Bewertung der Art der Verbindung erfolgt anhand jener Verbindung, die die tragende Funktion aufweist und somit statisch wirksam ist. Bei mehreren tragenden Verbindungen ist die am schlechtesten zu bewertende Verbindung ausschlaggebend und stellt das Bewertungsergebnis dar.⁵⁶ Die

⁵⁴ Vgl. van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021, 11.

⁵⁵ Ebd., 12.

⁵⁶ Vgl. Ebd., 13.

jeweiligen Verbindungstypen werden auf Grundlage der Dissertation von Durmisevic Elma⁵⁷ eingeteilt und mit einer Punktzahl versehen, wobei eine „1“ das beste mögliche Ergebnis darstellt.⁵⁸

- 1 Punkt erhalten z.B. lose Verbindungen ohne Befestigungsmaterial (z.B. Klickverbindungen, Klettverschlussverbindungen und magnetische Verbindungen).
- 0,8 Punkte erhalten Verbindungen mit zusätzlichen Elementen aus einem beständigen Material (z.B. Bolzen- und Mutterverbindungen, Federverbindungen, Winkelverbindungen, Schraubverbindungen).
- Mit 0,6 Punkten werden direkt integrale Verbindungen bewertet (z.B. Stiftverbindungen, Nagelverbindungen).
- Die Bewertung von 0,2 Punkten erhalten „weiche chemische Verbindungen“ (z.B. Dichtstoffverbindungen und Schaumverbindungen (PUR)).
- Mit 0,1 Punkten werden „feste chemische Verbindungen“ bewertet (z.B. Klebeverbindung, gegossene Verbindungen, Schweißverbindungen, zementgebundene Verbindungen).

3.2.3.1.2 Zugänglichkeit der Verbindung (CA)

Wie die Art der Verbindung wird auch die Zugänglichkeit mit einer Punktzahl bewertet. Hierzu erfolgt eine Einschätzung der umgekehrten Konstruktionssequenz am Ende der Lebensdauer des Produktes oder Elements.⁵⁹

- 1 Punkt bekommen frei zugängliche Verbindungen, bei denen keine zusätzlichen Maßnahmen für einen Zugang zur Verbindung durchgeführt werden müssen.
- 0,8 Punkte erhalten Verbindungen, die mit zusätzlichen Maßnahmen zugänglich sind, wenn diese Maßnahmen keine Schäden verursachen.
- 0,6 Punkte beträgt der Wert für die Verbindungen, die mit zusätzlichen Maßnahmen zugänglich sind, die Schäden am Objekt oder an umgebenden Objekten hervorrufen, welche jedoch vollständig reparierbar sind.
- 0,4 Punkte erhalten Verbindungen, welche mit zusätzlichen Maßnahmen zugänglich sind, wobei Schäden entstehen, welche teilweise reparierbar sind.
- 0,1 Punkte beträgt der Wert für Verbindungen, die nicht zugänglich sind bzw. die Maßnahmen Schäden hervorrufen würden, die das Produkt oder die umliegenden Produkte unreparierbar beschädigen.

⁵⁷ Durmisevic. Elma 2006.

⁵⁸ Vgl. van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021, 13.

⁵⁹ Vgl. Ebd., 14.

3.2.3.1.3 Berechnung des Demontagepotenzials einer Verbindung (DPc)

Die Bewertung der „Art der Verbindung“ (CT) und der „Zugänglichkeit der Verbindung“ (CA) werden zur Berechnung des „Demontagepotenzials einer Verbindung“ (DPc) in die nachfolgende Formel eingesetzt. Wobei n das Objekt (Produkt oder Element) bezeichnet:⁶⁰

$$DPc_n = \frac{2}{\frac{1}{CT_n} + \frac{1}{CA_n}}$$

3.2.3.2 Demontagepotenzial Komposition (DPcp)

Das „Demontagepotenzial der Komposition“ (DPcp) setzt sich wie oben dargestellt aus der Bewertung der „Unabhängigkeit“ (ID) und der Bewertung der „Geometrie der Produktkante“ (GPE) zusammen.

3.2.3.2.1 Bewertung Unabhängigkeit (ID)

Im Ursprungdokument von Vliet et al. wird mit Unabhängigkeit die Eigenschaft definiert, dass Produkte oder Elemente miteinander vermischt oder integriert sind:⁶¹ „The term ‘independency’ means that products or elements are intermingled or even integrated with each other in their entirety“⁶². Hier scheint es zu einer Verwechslung gekommen zu sein, indem die Begriffe „independency“ und „dependency“ vertauscht wurden. Da eine direkte Übersetzung des ursprünglichen Dokuments aus diesem Grund zu falschen Schlüssen führt, wird auf den nachfolgenden Seiten der, nach Meinung des Projektteams, richtige Begriff verwendet.

Eine „Abhängigkeit“ besteht somit dann, wenn ein Produkt oder Element beim Rückbau von einem anderen Produkt oder Element mit einer anderen Lebensdauer behindert wird. Diese Abhängigkeit besteht nur dann, wenn diese zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgetauscht werden sollten.⁶³

Für eine Schätzung der jeweiligen zu erwarteten Lebensdauer werden die Objekte (Produkte und Elemente) des 2D-Details einer „Lebensdauergruppe“ (entsprechend der „Layer of Brand“⁶⁴) zugeordnet. Dies umfasst die Gruppe „Tragstruktur“ (Structure), „Gebäudehülle“ (Skin), „Technische Gebäudeausrüstung“ (Services) und „Innenausbau“ (Space plan).⁶⁵ Anders als hier dargestellt wurde im Projekt der „Innenausbau“ (Space plan) in zwei Gruppen unterteilt: „Innenausbau“ und

⁶⁰ Vgl. van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021, 15.

⁶¹ Vgl. Ebd., 15.

⁶² Ebd., 15.

⁶³ Vgl. Ebd., 15.

⁶⁴ Brand Steve 1995.

⁶⁵ Vgl. van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021, 10.

„Innenoberflächen“. Der Grund für diese Unterteilung besteht in der höheren Beanspruchung der sichtbaren und frei liegenden Innenoberflächen. Was zu Folge hat, dass bei diesen Objekten eine kürzere Lebensdauer zu erwarten ist als bei darunterliegenden Schichten des Innenausbaus. Darüber hinaus könnte eine Gruppierung der Komponenten nach ihrer Aufgabe oder funktionalen Abhängigkeit erfolgen. So würden Elemente z.B. der Gruppe „Innenwand“ zugeordnet, wenn das Entfernen eines Elements die Funktionalität des gesamten Systems beeinträchtigt (z.B. den Brandschutz, den Wärmeschutz). Dies wäre bei einer Reparatur oder einer Wartung relevant. Im Rahmen der Bewertung wurde diese letzte Gruppierung nicht angewandt.

Wie die oben dargestellten Indikatoren wird auch die „Unabhängigkeit“ mit einer Punktzahl bewertet:⁶⁶

- 1 Punkt erhalten Objekte bei voller Unabhängigkeit, z.B. durch eine modulare Zonierung von Produkten oder Elementen aus verschiedenen Lebensdauergruppen.
- 0,4 Punkte erhalten Produkte / Elemente bei einer teilweise bestehenden Abhängigkeit mit Produkten oder Elementen aus einer anderen Lebensdauergruppe.
- 0,1 Punkte erhalten Objekte bei vollständiger Abhängigkeit infolge einer Einbindung / Eingliederung / Integration in Produkte oder Elemente aus einer anderen Lebensdauergruppe.

Wie genau diese Abhängigkeiten oder Unabhängigkeiten konstruktiv oder geometrisch in Erscheinung treten wird leider nicht definiert. Das Projektteam hat die Vorgehensweise dahingehend festgelegt, dass die Bewertung der Abhängigkeit immer zum nächsten angrenzenden Produkt aus einer anderen oder derselben Lebensdauergruppe erfolgt. Wobei innerhalb derselben Lebensdauergruppen die beste Bewertung „Unabhängig“ erfolgt. Da Aspekte der Verbindung bereits mit den vorangehenden Indikatoren bewertet werden und laut Meinung des Projektteams möglichst keine doppelte Bewertung konstruktiver Aspekte erfolgen soll, wie auch die Bewertung der Geometrie der Produktkante (GPE) geometrisch erfolgt, wurde die Unabhängigkeit anhand der geometrischen Fläche, die von dem benachbarten Produkt oder Element bedeckt ist, bewertet. Somit anhand des gemeinsamen Flächenanteils von Produkten und Elementen. Hierzu wurden folgende Grenzwerte festgelegt:

- 1 Punkt erhalten Objekte bei „Unabhängigkeit“ aufgrund weniger als 50 % gemeinsamem Flächenanteils mit einem Produkt oder Element einer anderen Lebensdauergruppe.
- 0,4 Punkte erhalten Objekte bei einer teilweise bestehenden Abhängigkeit aufgrund ca. 50 % gemeinsamem Flächenanteils mit einem Produkt oder Element einer anderen Lebensdauergruppe.
- 0,1 Punkt erhalten Objekte bei einer vollständigen Abhängigkeit aufgrund von mehr als 50 % gemeinsamem Flächenanteils mit einem Produkt oder Element einer anderen Lebensdauergruppe.

⁶⁶ Vgl. van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021, 15.

3.2.3.2.2 Bewertung Geometrie der Produktkante (GPE)

Mit dem Indikator „Geometrie der Produktkante“ (GPE) wird bewertet, wie Produkte im Verhältnis zu anderen Produkten platziert sind und ob diese physische Kante geometrisch „offen“ oder „geschlossen“ ist. Hierbei werden zwei Situationen unterschieden. Einzelne Produkte, die von anderen Produkten oder Elementen umschlossen sind und serielle Produkte, die sich gegenseitig umschließen. Die jeweilige Punktzahl wird wie folgt zugeordnet (siehe auch nachfolgende Abbildung):⁶⁷

- 1 Punkt erhalten offene Produktkanten, wenn keine Hindernisse für die (zeitweise) Entfernung von Produkten oder Elementen vorhanden sind.
- 0,4 Punkte werden bei überlappenden Produktkanten zugeteilt, wenn teilweise eine Behinderung bei der (zeitweisen) Entfernung von Produkten oder Elementen vorhanden ist.
- 0,1 Punkte erhalten geschlossene Produktkanten. Es ist somit eine vollständige (rundumlaufende) Behinderung bei der (zeitweisen) Entfernung von Produkten oder Elementen vorhanden. In diese Kategorie fallen zudem alle Serienprodukte, die mit einer harten chemischen Verbindung verbunden sind, sowie Produkte die völlig vor Ort geformt (z.B. monolithisch gegossen) werden.

Abbildung 3: Offene Produktkante⁶⁸



Abbildung 4: Überlappende Produktkante⁶⁹



Abbildung 5: Geschlossene Produktkante⁷⁰



Im Rahmen des Projektes wurde die „Geometrie der Produktkante (GPE)“ zudem als Indikator definiert, bei welchem die „kurze“ oder die „schmale“ Seite von Produkten zu bewerten ist. Wie auch in obiger Abbildung dargestellt. Die Bewertung bezieht sich somit auf die Stöße zwischen Objekten. Dadurch fließen in der Regel keine Produkte oder Elemente in die Bewertung ein, die bereits bei „Zugänglichkeit der Verbindung (CA)“ bewertet wurden.

⁶⁷ Vgl. van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021, 16.

⁶⁸ Ebd., 17.

⁶⁹ Ebd., 17.

⁷⁰ Ebd., 17.

3.2.3.2.3 Berechnung des Demontagepotenzials einer Komposition (DPcp)

Die Bewertungen oder Kennwerte der „Unabhängigkeit“ (ID) und der „Geometrie der Produktkante“ (GPE) werden für die Berechnung des „Demontagepotenzials der Komposition“ (DPcp) in folgende Formel eingesetzt:⁷¹

$$DP_{cp_n} = \frac{2}{\frac{1}{ID_n} + \frac{1}{GPE_n}}$$

3.2.3.3 Demontagepotenzial Produkt oder Element (DPp)

Für die anschließende Berechnung des Demontagepotenzials eines Produktes oder Elements werden das „Demontagepotenzial der Verbindung“ (DPcn) und das „Demontagepotenzial der Komposition“ (DPcpn) in folgender Formel kombiniert⁷²:

$$DP_{p_n} = \frac{2}{\frac{1}{DP_{c_n}} + \frac{1}{DP_{cp_n}}}$$

3.2.3.4 Demontagepotential des Details

Anschließend wird bei Vliet et al. das Demontagepotenzial für jeden „Layer of Brand“ (Lebensdauergruppe) und das „Demontagepotential des Gebäudes“ (DPb) berechnet.⁷³ Wobei das „Demontagepotential des Gebäudes“ im Projekt mit der Bezeichnung „Demontagepotential des Details“ ersetzt wird, da nur die Elemente eines Standard-Anschlussdetails berechnet werden und keine Bewertung eines gesamten Gebäudes erfolgt.

Zudem wird bei Vliet et al. der "Umweltkostenindikator" (ECI - Environmental Cost Indicator) jedes Produktes in Form eines Gewichtungsfaktors berücksichtigt.⁷⁴ Es wird somit auch die Umweltverträglichkeit der Produkte und Elemente abgebildet. Dies stellt laut Meinung des Projektteams zwar eine interessante Ergänzung dar, geht jedoch über eine rein konstruktive Betrachtung hinaus. Um eine klare Trennung und Unterscheidung zwischen konstruktiver Rückbaubarkeit und anderen Aspekten der Nachhaltigkeit zu gewährleisten, wurde dieser Berechnungsschritt nicht durchgeführt.

⁷¹ Vgl. van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021, 18.

⁷² Vgl. Ebd., 18.

⁷³ Vgl. Ebd., 19.

⁷⁴ Vgl. Ebd., 19.

Im Projekt erfolgte die Berechnung der Demontagepotenziale der einzelnen Bauteilgruppen („Aufbauten“), um die Rückbaufähigkeit dieser Gruppen gesondert darzustellen. Wie auch die Berechnung des „Demontagepotential des Details“. Hierzu wurde jeweils der Mittelwert aller Demontagepotenziale aller Objekte (DPP) gebildet.

3.2.4 Entwicklung rückbaufähiger Standarddetails

Die konstruktive Umplanung der Standarddetails im Hinblick auf einen möglichst hohen Grad an Rückbaufähigkeit erfolgte anhand architektonischer und baukonstruktiver Entwurfsmethoden und auf einer grundlegenden Ebene. Die Bewertung der Rückbaufähigkeit bildet hierzu die Grundlage, indem Problemstellen identifiziert und dargestellt werden. Zudem wurde ein besonderes Augenmerk auf eine möglichst große Nähe zum Ursprungsdetail im Sinne desselben Konstruktionsprinzips gelegt. Dieser Anspruch resultiert aus dem Ziel der Abbildung eines rückbaufähigen Baustandards, welcher im aktuellen Bauwesen und mit den bestehenden Strukturen (Unternehmen, Produkte, Fähigkeiten, usw.) bestmöglich umgesetzt werden kann. Es sollten bestehende praktische Lösungen gefunden, aber auch innovative Ansätze entwickelt werden, die jedoch keinen konstruktiven Systemwechsel gegenüber dem Ursprungsdetail darstellen. So bleiben die entwickelten Details für die Praxis relevant, während sie gleichzeitig die Demontierbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Bauteilen fördern.

Die Entwicklung der Details erfolgte einerseits in Einzelarbeit mit darauffolgenden Besprechungen in Kleingruppen. Zudem wurden Projektteam-Workshops und Fachgespräche abgehalten, bei welchen die Details in größerer Gruppe besprochen und (weiter-) entwickelt wurden. Für eine Detaillierung und Konkretisierung erfolgte zudem eine Recherche und Integration spezifischer Komponenten oder Fügemethoden. Das Ergebnis besteht in händischen Skizzen, digitalen CAD-Zeichnungen und bautechnischen Beschreibungen.

3.2.5 Einholen von Expert*innen-Wissen

Im Rahmen des Projektes erfolgte ein umfassender Austausch mit BM Dipl.-Ing. (FH) Alexander Hauser-Puntigam, Dipl.-Ing. Nina Heidenhofer-Fuchs und Dipl.-Ing. Christoph Schmied, MSc der Abteilung für Generalplanung & Hochbau des Ziviltechniker-Unternehmens *Thomas Lorenz ZT*, wie auch mit Helmut Prach, MSc der Abteilung für Bauphysik des Planungsberaters *Dr. Pfeiler GmbH*. Hierbei wurden die ausgewählten „Standarddetails“ im Hinblick auf den bestehenden österreichischen Baustandard und die „Rückbaufähigen Standarddetails“ hinsichtlich ihrer herstellungstechnischen und praxistauglichen Umsetzbarkeit besprochen. Die Implikationen auf die derzeit geltende Normung wurden nicht berücksichtigt. Darüber hinaus wurden Potentiale und Problemstellen festgehalten. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse wurden fortlaufend in das Projekt integriert.

4 Ergebnisse

Das Forschungsprojekt „Circular Standards“ setzt sich zum Ziel, im Sinne einer Implementierung eines kreislauffähigen Bauwesens, neue „standardisierte“ rückbaufähige Konstruktionsdetails zu entwickeln. Wie auch Problemstellen und Potentiale im Kontext einer rückbaufähigen Bauweise abzuleiten. Das Projekt trägt maßgeblich zur Erreichung der Ziele des Programms „Klimaneutrale Stadt“ bei, indem eine Reduktion von CO₂-Emissionen, Energieverbrauch wie auch eine Ressourcenschonung im urbanen Raum angestrebt wird. Durch die Optimierung der Rückbaufähigkeit von Bauteilen leistet das Projekt einen wichtigen Beitrag zur Implementierung einer Kreislaufwirtschaft im Bausektor. Materialien, Bauteile bzw. Baukomponenten könnten am Ende ihrer Lebensdauer demontiert und wiederverwendet, wiederverwertet oder weiterverwertet werden.

Das Projekt unterstützt die Vision einer klimaneutralen Stadt, indem es konkrete Lösungen für die Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit im Bauwesen bietet. Durch den sehr praxisnahen Ansatz können die Ergebnisse, im Rahmen und als Resultat von Folgeprojekten, in Bauprojekte und das Bauwesen integriert werden, was eine zügige Übertragung in die Baupraxis ermöglichen soll. Somit leistet „Circular Standards“ einen wesentlichen Beitrag zur Transformation des Bauwesens hin zu einer gesteigerten Nachhaltigkeit und einer Kreislaufwirtschaft.

Darüber hinaus eröffnen sich wesentliche Vorteile für die Bewohner*innen und Besitzer*innen von rückbaubaren Gebäuden. Einerseits, indem die Rückbaufähigkeit in vielen Fällen auch eine vereinfachte Wartung ermöglicht. Gut gewartete Gebäude haben zudem weniger Schäden, was langfristig zu geringeren Instandhaltungskosten führt. Bauteile, die leicht demontiert, repariert oder ausgetauscht werden können, verringern aber nicht nur die Kosten für Reparaturen, sondern erlauben es den Bewohner*innen, kleinere Arbeiten selbst durchzuführen. Dadurch könnten Laien selbst aktiviert werden, was nicht nur die Reparaturkosten senkt, sondern auch einen stärkeren Bezug zur gebauten Umwelt erzeugt. Zusätzlich fördert eine Rückbaufähigkeit eine größere Flexibilität in der Nutzung, da Bewohner*innen ihre Räume leichter an veränderte Bedürfnisse anpassen können. So profitieren sie nicht nur von der Wiederverwendbarkeit der Bauteile, sondern auch von bedürfnisorientierteren Architekturen.

Nachfolgend findet sich eine Auswahl der Projektergebnisse. Dies umfasst eine Beschreibung, welche Standarddetails im Rahmen des Projektes bearbeitet wurden. Wie auch eine detailliertere Abbildung von drei ausgewählten Details. Diese detailliertere Darstellung umfasst jeweils das Standarddetail (oder „Ursprungsdetail“), das möglichst rückbaufähige Standarddetail, sowie jeweils die bautechnische Beschreibung und Bewertung der Rückbaufähigkeit.

4.1 Ausgewählte Standarddetails

Wie in Kapitel „3 Projektinhalt“ angegeben, erfolgte die Detailauswahl anhand der Kriterien „Gebäude-Nutzungstyp“, „Materialzusammensetzung“, „Baustatus“ (Neubau oder Sanierung) und „Konstruktive Vielfalt“ (Kernelemente). Basierend auf diesen Kriterien wurden 18 Standarddetails, möglichst „typisch“ für die aktuelle Konstruktionsweise in Österreich, zur weiteren Bearbeitung ausgewählt.

Im Hinblick auf den Gebäude-Nutzungstyp wurde darauf geachtet, dass die Details vor allem die Funktion „Wohnen“ und „Dienstleistung“ abbilden. Während die Nutzung „Produktion“ nicht gezielt ausgewählt wurde.

Im Kontext der Materialzusammensetzung und der möglichst breiten materialspezifischen Vielfalt findet man einen Anteil an Stahlbetonbauteilen bei 44% und nahezu der Hälfte der ausgewählten Details, wobei nur 22% aller Details ausschließlich eine Stahlbetonbauweise darstellen. 33% der ausgewählten Details beinhalten eine Holzbauweise, während Ziegel bei 28% der Details vorzufinden ist. Der Innenausbau wird in drei Details thematisiert (17%) und zwei davon betreffen Trockenbau.

Aufgrund der nur sehr gering vorhandenen Sanierung von Gebäuden ist vor allem der Baustatus „Neubau“ abgebildet. Wobei aus einer Vielzahl der Details auch wesentliche rückbauspezifische Aspekte für eine thermische Sanierung von Bestandsobjekten oder auch für den Fenstereinbau abgeleitet werden können.

Im Summe wurden, unter zusätzlicher Beachtung der konstruktiven Vielfalt, folgende Details ausgewählt:

- Detail 01: Attika im Stahlbetonflachdach
- Detail 02: Gully im Stahlbetonflachdach
- Detail 03: Steildach, Holzbau
- Detail 04: Steildach aus Holz mit Ziegelwand
- Detail 05: Steildach aus Holz, Bestand
- Detail 06: Außenwand, Holzrahmenbau mit Massivholzdecke
- Detail 07: Außenwand, Hochlochziegel mit Stahlbetondecke
- Detail 08: Fensteranschluss oben, Ziegelwand mit WDVS, Jalousiekasten
- Detail 09: Fensteranschluss unten, Ziegelwand mit WDVS, Fensterbank
- Detail 10: Fensteranschluss oben, Holzbau, Holzfenster
- Detail 11: Fensteranschluss unten, Holzbau, Holzfenster, Fensterbank
- Detail 12: Außentür mit Entwässerungsrinne, Stahlbetondecke
- Detail 13: Fertigteiltreppe, Stahlbeton
- Detail 14: Wohnungstrennwand in Trockenbau, Bodenanschluss

- Detail 15: Wohnungstrennwand im Holzbau, Bodenanschluss
- Detail 16: Innentür im Trockenbau, Umfassungszarge
- Detail 17: Streifenfundament aus Stahlbeton mit Ziegelwand mit WDVS
- Detail 18: Sockelanschluss aus Stahlbeton und Keller, mit Holzrahmenwand

Im hier vorliegenden Ergebnisbericht werden stellvertretend drei dieser Details dargestellt:

- Detail 01: Attika im Stahlbetonflachdach
- Detail 08: Fensteranschluss oben, Ziegelwand mit WDVS, Jalousiekasten
- Detail 18: Sockelanschluss aus Stahlbeton und Keller, mit Holzrahmenwand

Diese drei Details wurden ausgewählt, da sie eine konstruktive und materialspezifische Vielfalt aufweisen, bei unterschiedlichen Gebäudenutzungstypen angetroffen werden können, wie auch Aspekte einer Sanierung abbilden.

4.2 Rückbaufähige Standarddetails

Die Darstellung der Details umfasst wie oben angeführt jeweils das „Standarddetail“, welches dem aktuellen österreichischen Baustandard entspricht, das „rückbaufähige Standarddetail“, welches einen möglichst hohen Grad an Rückbaubarkeit aufweist, wie auch die Bewertung der Rückbaubarkeit dieser zwei Ausführungen anhand der oben dargestellten und weiterentwickelten Methode „Circular Buildings: Disassembly Potential measurement method, Version 2.0“⁷⁵.

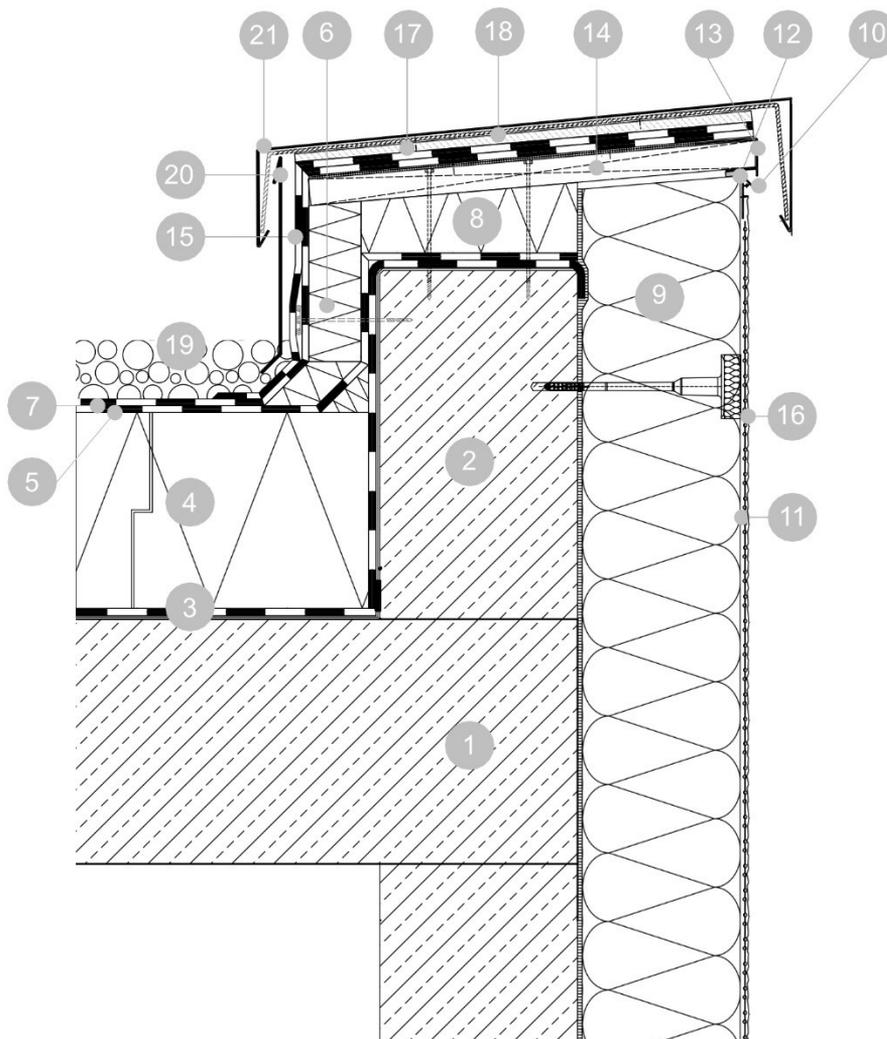
Beim ersten Detail („Attika im Stahlbetonflachdach“) sind zudem Auszüge der jeweiligen Bewertung textlich beschrieben, was einer umfassenderen Darstellung der Vorgehensweise und von Herausforderungen bei der Bewertung dienen soll. Die Bewertung der weiteren Details ist weniger detailliert dargestellt.

⁷⁵ Vgl. van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021, 5.

4.2.1 Attika im Stahlbetonflachdach

4.2.1.1 Standarddetail

Abbildung 6: Standarddetail Attika [Institut für Architekturtechnologie (IAT), TU Graz]



Das ausgewählte Attikadetail zeigt einen Flachdachaufbau mit einem Wärmedämmverbundsystem als Fassade. Wärmedämmverbundsysteme bilden, wie Recherchen zur thermischen Sanierung⁷⁶

⁷⁶ Vgl. Daxbeck et al. 2015, 66.

und Praxiserfahrungen zeigen, einen wesentlichen Teil des Bauschaffens ab. Insbesondere im geförderten Wohnbau werden überwiegend Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) mit expandiertem Polystyrol (EPS) als Dämmmaterial verwendet, da sie die geringsten Baukosten verursachen.⁷⁷

Da Flachdächer, wie die Praxiserfahrung zeigt, eine optimale Raumflächennutzung bei maximal erlaubter Gebäudehöhe ermöglichen, hat sich diese Dachform beim Neubau in Österreich etabliert. Bei der Wahl des Dachaufbaus wurde zwischen einem begrünten Dach und einem bekiesten Warmdach abgewogen. Die Entscheidung für das bekieste Warmdach basiert auf praktischen Erfahrungen. Obwohl ein Gründach bereits bei vielen Projekten zum Einsatz kommt, entscheiden sich vor allem Einfamilienhausbesitzer und auch Wohnbauprojektentwickler in der Regel gegen ein Gründach, wegen der höheren Kosten und des erhöhten Wartungsaufwands. Ein bekiestes Warmdach eignet sich zudem besser für die Aufstellung von PV-Anlagen, was angesichts der aktuell zahlreich vorhandenen Anreize eine Auswirkung auf den Baustandard haben könnte.

Die Tragstruktur des ausgewählten Attikadetails, das Primärtragwerk, besteht aus Stahlbeton und umfasst eine Wandscheibe (bei der Bewertung ausgeklammert), eine Deckenplatte (1) und die Attikamauer (2). Diese Bauteile werden vor Ort aus Beton gegossen.

Für den Flachdachaufbau wurde ein Warmdach des in Österreich weit verbreiteten Anbieters *Silka* ausgewählt, ein bekiestes Warmdach der Nutzungskategorie K3 gemäß ÖNORM B 3691⁷⁸.

Bei der Herstellung der Konstruktion muss, nachdem die Betondeckenplatte (1) ausreichend getrocknet ist, die Dachdeckerin oder der Dachdecker eine erste Bauabdichtung sicherstellen, welche die Betonbauteile und die Fugen zwischen Bauteilen vor Feuchtigkeitseintritt schützt. Als Erstes wird hierzu auf dem Beton ein Bitumen-Voranstrich aufgetragen, um diesen für eine Dampfsperre vorzubereiten⁷⁹. Bei diesem Vorgang kann es teilweise zu einem Eindringen des Anstrichs in den Beton kommen. Der Grad der Eindringtiefe hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie der Porosität des Betons, der Konsistenz des Voranstrichs und der Häufigkeit des Aufbringens (in der Regel mehrmals).

Anschließend wird die Bitumen-Dampfsperre (3) mittels Flämmen auf die gesamte horizontale Dachfläche aufgebracht und seitlich, an und über die Attikamauer, hochgezogen. Auf dieser Schicht werden die EPS-Wärmedämmplatten (4) im Verband verlegt und mit dem Untergrund verklebt. Die Stöße der Platten können durch einen Falz eine zusätzliche formschlüssige Verbindung ermöglichen. Auf der Dämmung erfolgt eine weitere Abdichtung, erneut um Schäden durch Feuchtigkeitseintritt zu vermeiden. Die erste Lage dieser zweilagigen Abdichtung (5) erfolgt in Form einer Bitumen-Kaltselbstklebebahn mit einer vollflächigen Klebeverbindung mit der Dämmung. Es

⁷⁷ Vgl. Maydl 2021, 8.

⁷⁸ Vgl. Sika Österreich.

⁷⁹ Vgl. Sika Österreich.

wird kalt geklebt, da die Dämmplatten durch ein Flämmen beschädigt werden können.⁸⁰ Diese erste Abdichtungslage (5) wird seitlich (über einen Dämmkeil) am Attikarand hochgeführt. Auf der Attikamauer erfolgt eine Verbindung mit der bestehenden Abdichtung (3).

Die vertikale Dämmung an den Dachrändern (6) wird zur Attikamauer hin geklebt und gedübelt. Zusätzlich sorgt ein schräg zugeschnittener Dämmkeil hin zum Dachaufbau für Stabilität und ermöglicht eine sichere Ableitung von Regenwasser vom Plattenstoß und der Attika weg zum Dachinneren⁸¹. Auf der Attikamauer (horizontal) werden die Dämmplatten (8) auf die Abdichtungslagen geklebt. Eine zusätzliche Klemm/Schraubverbindung erfolgt durch ein Festschrauben der darüber liegenden imprägnierten Mehrschichtplatte (14), durch die Dämmplatten hindurch, auf die Attikamauer.

Als nächster Schritt wird die oberste, zweite Lage der Abdichtung (7) auf die bestehende Abdichtung (5) geflämmt. Die Abdichtung (7) verläuft horizontal über das Dach und seitlich über die vertikale Attikadämmung (6). Seitlich wird sie bis hinauf auf die imprägnierte Mehrschichtplatte (14) auf der Attikamauer gezogen. Beim Übergang der horizontalen zu vertikalen Abdichtungslage und auf der Mehrschichtplatte werden die aus einzelnen Bahnen bestehenden Abdichtungen doppelt ausgeführt und überlappend verlegt. Dies ist als ein eigenes Abdichtungselement (15) dargestellt. Auf die imprägnierte Mehrschichtplatte kann die Abdichtung theoretisch nur kalt geklebt werden. Wie im Fachgespräch festgestellt werden konnte, wird in der Praxis aber auch hier gerne geflämmt, indem die Abdichtung in einem abgeklappten Zustand durch ein Flämmen angeschmolzen und anschließend auf die Platte gedrückt und somit festgeklebt wird.

Da das Abtropfprofil (13) in der Praxis eher unüblich ist, wurde entschieden, das Element zwar im Detail darzustellen, es bei der Bewertung jedoch auszuklammern. In der Praxis wird stattdessen die Abdichtung (15 und 7, oder nur 7) um die Plattenkante gezogen. Den Abschluss des Warmdaches bildet Kies (19), der lose auf dem Dach verteilt wird.

An der Fassade besteht ein Wärmedämmverbundsystem. Es setzt sich aus der Dämmung (9) in Form von harten Dämmplatten (z.B. EPS), einer Armierungsschicht mit Glasfasergewebe (11) und dem Strukturputz (16) zusammen. In einem ersten Schritt werden die Dämmplatten mit einem dicken Schicht Klebemörtel versehen und an die Primärstruktur (1, 2 und Betonwand) geklebt und zusätzlich mit Dübeln befestigt. Die Dübel werden versenkt, wobei die Vertiefung mit einem Dämmteller oder einer Rondelle abgedeckt wird, um Wärmebrücken zu verhindern. Die Platten werden untereinander nicht verklebt, außer wenn Stöße mit zu großen Fugen korrigiert werden müssen. In so einem Fall wird nachträglich ausgeschäumt. Sobald die Dämmplatten befestigt sind, erfolgt das Aufbringen der Armierung (11) mithilfe einer Armierungsspachtel. Der obere Putzabschluss wird mit einem Attikapprofil (10) mit integrierter Armierung ausgebildet, die Stöße werden

⁸⁰ Vgl. Ebd., 30–45.

⁸¹ Vgl. Capatect.

hierbei überlappend verlegt. Nachdem die Armierungslagen fertig aufgetragen wurden, wird zur Vorbereitung des Untergrunds eine Oberputzgrundierung aufgetragen, welche mindestens einen Tag lang trocknen muss.⁸² Zwischen der Mehrschichtplatte (14) und der Dämmung (9) wird ein vorkomprimiertes Fugendichtband (12) verklebt, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern. Schließlich kann der finale Außenputz (16) aufgetragen werden.

Die Attikahalterung wird auf ein ENKA-VENT (17), eine Strukturmatte, aufgelegt und durch Schrauben an der imprägnierten Mehrschichtplatte befestigt. Auf dieser Halterung wird die Attikaabdeckung (21) aufgebracht und formschlüssig durch einschnappen befestigt. Für einen Schutz vor sonnenstrahlungsbedingten Schäden an der Abdichtung des Hochzuges (15) wird innenseitig ein Schutzblech bzw. eine Blechverkleidung (20) an der Attikahalterung mittels einhängen (und durch Verankerung im Kies) befestigt. Beim Fachgespräch wurde hierbei auf die Notwendigkeit eines Abstandes von einem Zentimeter zur Abdichtung aufgrund von Hitzeentwicklung hingewiesen. Dieser Abstand kann z.B. mittels Montageholz oder durch eine gefaltete Stoßausbildung gewährleistet werden.

4.2.1.1.1 Bewertung

Die Bewertung der Rückbaubarkeit des Details erfolgt anhand der beschriebenen 21 Detailkomponenten oder Objekte und anhand der gewählten Bewertungsmethode mit den entsprechenden Bewertungskategorien. Diese sind „Art der Verbindung“ (CT), „Zugänglichkeit der Verbindung“ (CA), „Unabhängigkeit“ (ID) und „Geometrie der Produktkante“ (GPE). Wie oben angemerkt, sind bei diesem Detail einzelne ausgewählte Bewertungen, welche im Projektteam umfassender diskutiert wurden oder unklar sein könnten, genauer dargestellt. Dies umfasst die Darstellung der Bewertung in Form einer Tabelle und eine Beschreibung des Bewertungsvorgangs in der relevanten Kategorie.

Tabelle 2: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“ - Stahlbetondecke (1)

ID	Element	Tragende Verbindung	CT	CA	ID	GPE
1	Stahlbetondecke	Gegossene Verbindung mit darunterliegender Stahlbetonwand durch Anschlussbewehrung und Beton	0,1	0,1	0,4	0,1

Die Zugänglichkeit (CA) zur Verbindung, zur Anschlussbewehrung und dem Beton an der Schnittstelle, erfolgt durch das Entfernen aller anderen Bauelemente sowie zerstörerisches, irreversibles Entfernen des Betons. Was eine Bewertung von 0,1 bedeutet. Es ist nicht relevant, dass ein Anteil

⁸² Vgl. Ebd.

der Deckenfläche von innen gut zugänglich ist. Die Zugänglichkeit der vollen Fläche der Verbindung wird bewertet und nicht die Zugänglichkeit zum Element „Stahlbetondecke“.

Bei der Bewertung der Unabhängigkeit (ID) ist zu beachten, dass das Element „Abdichtung“ einer anderen Lebensdauergruppe angehört. Die Attika sowie die untere Wand sind Teil derselben Lebensdauergruppe und ermöglichen eine Bewertung von 0,4.

Tabelle 3: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Attikamauer (2)

ID	Element	Tragende Verbindung	CT	CA	ID	GPE
2	Attikamauer	Gegossene Verbindung mit Stahlbetondecke (1) durch Anschlussbewehrung und Beton	0,1	0,1	0,1	0,1

Die Unabhängigkeit (ID) wird aufgrund einer Ummantelung mit anderen Lebensdauergruppen / Schichten (der Schicht „Hülle“) mit 0,1 bewertet. Diskutiert wurde, ob die (nicht-tragende) Attikamauer zur Lebensdauergruppe „Hülle“ oder dem „Dachaufbau“ zuzuordnen wäre. Aufgrund der langen Lebensdauer hat sich das Projektteam für eine Zuordnung zur Gruppe „Primärstruktur“ entschieden.

Tabelle 4: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Elastomerbitumen-Dampfsperrbahn (3)

ID	Element	Tragende Verbindung	CT	CA	ID	GPE
3	Elastomerbitumen-Dampfsperrbahn	Feste chemische Verbindung durch Flämmen auf die Betondecke über Voranstrich	0,1	0,1	0,4	0,1

Die Zugänglichkeit der Verbindung (CA) wurde mit 0,1 bewertet, da die darüberliegenden Schichten und die Dampfsperrbahn selbst beim Zugang zur Verbindung und beim Rückbau vollständig zerstört werden.

Bei der Geometrie der Produktkante (GPE) ist relevant, dass durch die Überlappung der Bahnen, die mittels Flämmen miteinander verbunden werden, das Objekt in die Kategorie von Serienprodukten fällt. Was eine Bewertung von 0,1 bedeutet.

Eine Überlegung bestand darin, den Voranstrich als ein separates Element zu definieren. Da dieser jedoch der Verbesserung der Verbindung zwischen Dampfsperrbahn und Stahlbetondecke dient, wurde der Voranstrich als Verbindungsträger oder Teil einer Verbindung definiert und nicht eigenständig bewertet.

Tabelle 5: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, EPS Dämmplatte (4)

ID	Element	Tragende Verbindung	CT	CA	ID	GPE
4	EPS Dämmplatte	Geklebt auf die Abdichtungsbahn	0,1	0,1	1,0	0,4

Die Verbindung ist nur dann zugänglich (CA) , wenn alle oberen Schichten, sowie die umliegenden Dämmplatten entfernt wurden. Die Abdichtungen und die Dämmplatten werden dabei irreversibel beschädigt, was eine Bewertung von 0,1 bedeutet.

Bei der Geometrie der Produktkante (GPE) sind lediglich die Plattenstöße zu bewerten, welche (bei ungeklebter Ausführung) einen Rückbau ermöglichen könnten. Aufgrund des Falzes erfolgt eine Bewertung von 0,4.

Tabelle 6: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Dämmplatte seitlich (6)

ID	Element	Tragende Verbindung	CT	CA	ID	GPE
6	Dämmplatte seitlich	Stiftverbindungen mittels Dübel und Kleber an der Attikamauer	0,1	0,1	1	1

Die Art der Verbindung (CT) ist Dübel und Kleben, wobei die schlechter zu bewertende ausschlaggebend ist. Das ist Kleben.

Tabelle 7: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Gefälledämmung Attika (8)

ID	Element	Tragende Verbindung	CT	CA	ID	GPE
8	Gefälledämmung Attika	Klebeverbindung mit der Abdichtung (primär) und Schraub-/Klemmverbindung über die Mehrschichtplatte (13) an der Attikamauer (sekundär)	0,1	0,1	1	1

Bei Art der Verbindung (CT) könnte die Dämmung lose aufgelegt und nur durch Schrauben befestigt werden. Allerdings wird nach Erfahrung des Forschungsteams meistens geklebt, was eine Bewertung von 0,1 bedeutet.

Tabelle 8: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, WDVS Platte (Mineralwolle) (9)

ID	Element	Tragende Verbindung	CT	CA	ID	GPE
9	WDVS Platte (Mineralwolle)	Klebeverbindung durch Klebemörtel (Klebeverbindung) und Dübel mit der Tragstruktur (2 und 1)	0,1	0,1	1	1

Die Bewertung der Unabhängigkeit (ID) wurde diskutiert. Die Unabhängigkeit (ID) wurde mit 1,0 bewertet, da der Außenputz, die Dämmplatten und die Armierung eine untrennbare Einheit bilden und somit in dieselbe Lebensdauergruppe eingeordnet wurden.

Tabelle 9: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Armierung mit Gewebe (11)

ID	Element	Tragende Verbindung	CT	CA	ID	GPE
11	Armierung mit Gewebe	Kleben auf WDVS Dämmplatte (9)	0,1	0,1	1	0,1

Die Zugänglichkeit der Verbindung (CA) hängt vom Außenputz ab. Da dieser beim Rückbau entfernt und vollflächig zerstört wird, erfolgt eine Bewertung mit 0,1. Es wurde diskutiert, ob diese Bewertung nicht abgeschwächt oder als reparierbar definiert werden sollte, was aufgrund des untrennbaren Verbundes mit der Wärmedämmplatte vorerst jedoch nicht durchgeführt wurde.

Die Unabhängigkeit (ID) wurde mit 1,0 bewertet, da der Außenputz, die Dämmplatten und die Armierung eine untrennbare Einheit bilden und somit in dieselbe Lebensdauergruppe eingeordnet wurden. Aufgrund der größeren Beanspruchung dieser Schichte könnte auch eine andere Zuordnung erfolgen.

Tabelle 10: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Fugendichtband (12)

ID	Element	Tragende Verbindung	CT	CA	ID	GPE
12	Fugendichtband	Kaltklebeverbindung und geklemmt auf WDVS Platte (9) bzw. Attikapprofil	0,8	0,6	1	1

Die Art der Verbindung (CT) kann eine Klebeverbindung oder eine Klemmverbindung darstellen. Das Fugendichtband wird auf einer Seite aufgeklebt und dehnt sich dann aus. Es wurde angenommen, dass die Klemmwirkung die primäre Verbindung darstellt und es sich beim Kleber um eine Montagehilfe handelt. Somit erfolgt eine Bewertung von 0,8.

Die Zugänglichkeit der Verbindung (CA) wurde diskutiert. Fugendichtbänder funktionieren nur dann effektiv, wenn sie zwischen zwei Elementen eng eingepresst sind. Dies erfordert das Entfernen von Außenputz oder Attikaprofil für einen Zugang zur Verbindung. Es wurde jedoch angenommen, dass der Außenputz nur am oberen Rand entfernt und dann neu verputzt werden kann, weshalb die Schäden als vollständig reparierbar und mit 0,6 bewertet wurden.

Grundsätzlich wurde auch diskutiert, ob ein Fugendichtband als eigenständiges Element bewertet werden sollte oder nicht.

Tabelle 11: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Bitumenabdichtung Hochzug (15)

ID	Element	Tragende Verbindung	CT	CA	ID	GPE
15	Bitumenabdichtung Hochzug	Feste chemische Verbindung durch Flämmen (u) auf erste Bitumenlage (5)	0,1	0,1	1	0,1

Die Bewertung der Zugänglichkeit der Verbindung (CA) erfolgt mit 0,1. Obwohl das Element selbst durch das Entfernen vom darüber liegenden Kies leicht zugänglich ist, gestaltet sich die Zugänglichkeit seiner Verbindung (vollflächiges Kleben über Flämmen) schwierig, da die Abdichtung vermutlich nur unter Beschädigung rückgebaut werden kann.

Tabelle 12: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Strukturputz (16)

ID	Element	Tragende Verbindung	CT	CA	ID	GPE
16	Strukturputz	Feste chemische Verbindung mit dem Armierungsgewebe (11)	0,1	0,1	1	0,1

Die Bewertung der Zugänglichkeit der Verbindung (CA) wurde diskutiert. Da der vollständige Putz beim Rückbau zerstört wird, erfolgt eine Bewertung mit 0,1. Das Projektteam stellte jedoch wie oben angemerkt Überlegungen dar, ob der Putz zumindest als vollständig reparierbar oder als untergeordnet einzustufen wäre. Besonders, weil eine Putzfläche so auch alle darunter liegenden Elemente schwächt.

Tabelle 13: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Attikahalterung (18)

ID	Element	Tragende Verbindung	CT	CA	ID	GPE
18	Attikahalterung	Schrauben	0,8	0,8	1	1

Da es sich um ein Element mit Verbindungsfunktion handelt wurde diskutiert, ob dieses Objekt nur eine Verbindung darstellt und nicht eigenständig bewertet werden sollte. Da die Abdeckung (21) jedoch unabhängig von der Halterung (18) ausgetauscht werden kann, wie auch die Halterung selbst befestigt wird, wurde die Halterung als selbstständiges Objekt betrachtet.

Tabelle 14: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Blechverkleidung (20)

ID	Element	Tragende Verbindung	CT	CA	ID	GPE
20	Blechverkleidung (Schutz der Hochzugs-Abdichtung vor Sonnenschäden)	Auflast, Geometrie	1	1	1	1

Die Art der Verbindung (CT) entspricht einer Befestigung durch den Kies und durch einen Formschluss am Attikablech. Dies ist mit 1 zu bewerten.

Die Geometrie der Produktkante (GPE) ist zwar überlappend, durch die lose Verlegung wurde dennoch eine hohe Rückbaubarkeit einzelner Elemente angenommen.

Tabelle 15: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Attikaabdeckung (21)

ID	Element	Tragende Verbindung	CT	CA	ID	GPE
21	Attikaabdeckung	Click-Verbindung (x)	1	1	1	0,4

Auch bei diesem Element ist die Geometrie der Produktkante (GPE) überlappend. Da infolge der Schnapp-Verbindung ein Rückbau jedoch voraussichtlich nur der Reihe nach möglich ist, somit keine Zwischenelemente einzeln entfernt werden können, erfolgt eine Bewertung mit 0,4.

In der nachfolgenden Tabelle ist die gesamte Bewertung des Standarddetails dargestellt. Das umfasst die Berechnung des „Demontagepotenzials der Verbindungen“ (DPc), des „Demontagepotenzials der Kompositionen“ (DPcp) und daraus folgend das „Demontagepotenzial Produkt oder Element“ (DPp) aller Objekte oder Komponenten. Zudem ist das „Demontagepotenzial Produkt oder Element“ (DPp) für einzelne Elementgruppen und für das gesamte Details (rechts oben) dargestellt. Das gesamte Standarddetail wurde mit 0,413 Punkten von maximal 1,00 Punkten bewertet.

Tabelle 16: Bewertung Standarddetail „Attika im Stahlbetonflachdach“

ID	Element	Tragende Verbindung	mit	CT	CA	DPc	ID	GPE	DPcp	DPp
DETAIL gesamt										0,413
GRUPPE WARMDACH										0,28
1	Stahlbetondecke	Gegossene Verbindung durch Anschlussbewehrung und Beton	Stahlbetonwand	0,1	0,1	0,10	0,4	0,1	0,16	0,12
	Voranstrich	\	\	\	\	\	\	\	\	\
3	Bitumen-dampfsperre	Geflämmt (feste chemische V.)	1 über Voranstrich	0,1	0,1	0,10	0,4	0,1	0,16	0,12
4	Wärmedämmung EPS	Kleber	3	0,1	0,1	0,10	1	0,4	0,57	0,17
5	1. Abdichtungslage	Kleber, sekundär mit Dübel	4	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13
7	2. Abdichtungslage	Geflämmt (feste chemische V.)	5	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13
19	Kies	Auflast	19a	1	1	1,00	1	1	1,00	1,00
GRUPPE ATTIKA										0,45
2	Stahlbetonattikamauer	Gegossene Verbindung durch Anschlussbewehrung und Beton	1	0,1	0,1	0,10	0,1	0,1	0,10	0,10
6	EPS (seitlich)	Kleber, sekundär mit Dübel	2	0,1	0,1	0,10	1	1	1,00	0,18
15	3. Abdichtung (Hochzug)	Geflämmt (feste chemische V.)	7	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13
8	Gefälledämmung Attika	Kleber, sekundär mit 14 und Schrauben	5	0,1	0,1	0,10	1	1	1,00	0,18
13	Abtropfprofil	\	\	\	\	\	\	\	\	\
14	imprägnierte Mehrschichtplatte	Schrauben	2 durch 8, 3 und 5	0,8	0,6	0,69	1	1	1,00	0,81
17	ENKA-VENT	Punktuell, Halterung	14	0,8	0,8	0,80	1	1	1,00	0,89
18	Attikahalterung	Schrauben	17	0,8	0,8	0,80	1	1	1,00	0,89
21	Attikaabdeckung	Click	18	1	1	1,00	1	0,4	0,57	0,73
20	Blechverkleidung	Geometrie	21, 19	1	1	1,00	1	1	1,00	1,00
GRUPPE WDVS										0,31
9	WDVS Platte (MW)	Klebemörtel, sekundär mit Dübel	1 und 2	0,1	0,1	0,10	1	1	1,00	0,18
10	Attikaprofil mit Armierung	\	\	\	\	\	\	\	\	\
11	Armierungsgebebe	Armierungsspachtel	9	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13

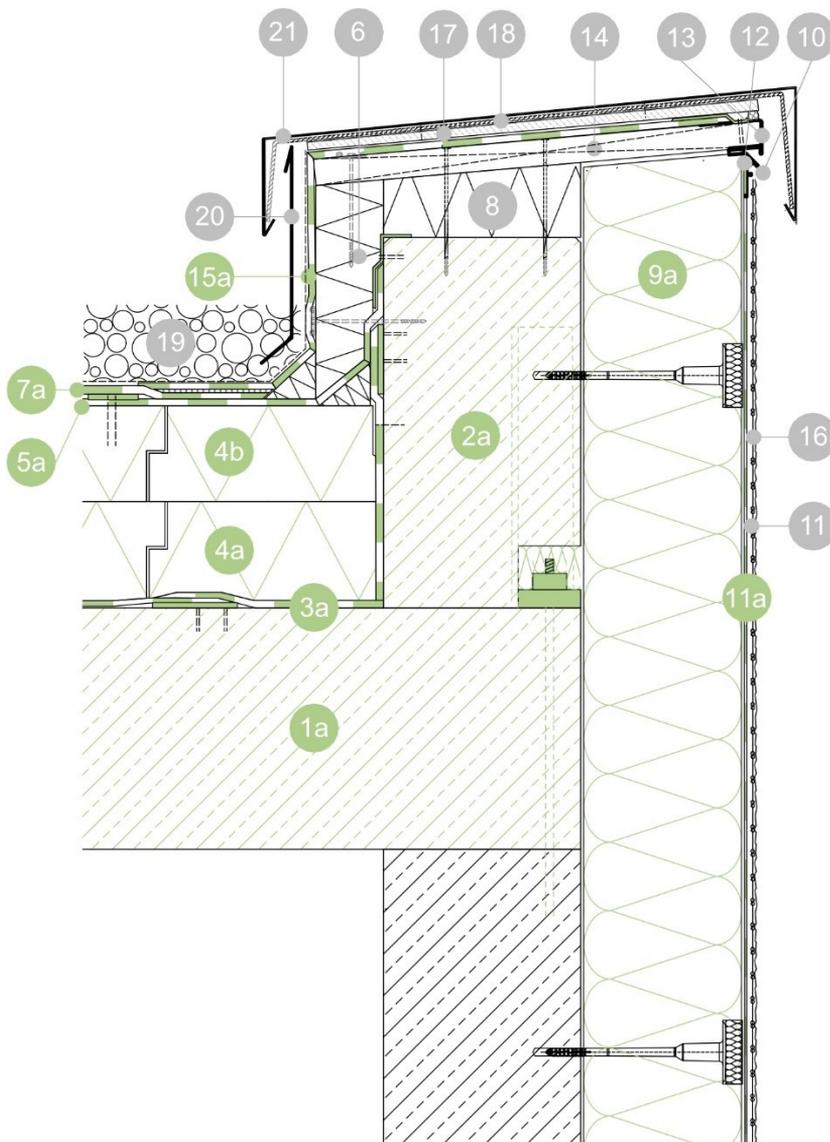
ID	Element	Tragende Verbindung	mit	CT	CA	DPc	ID	GPE	DPcp	DPp
12	Fugendichtband	Kleber (kalt)	9	0,8	0,6	0,69	1	1	1,00	0,81
16	Strukturputz	Feste chemische Verbindung (v) mit dem Armierungsgewebe (11)	11	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13

Für eine Weiterentwicklung des Details und eine Umplanung für einen möglichst hohen Grad an Rückbaubarkeit, können die Abdichtungen und das Wärmedämmverbundsystem als Schwachstellen und Ansatzpunkte abgeleitet werden.

4.2.1.2 Rückbaufähiges Standarddetail

Nachfolgend ist die Umplanung des Standarddetails mit dem Ziel einer möglichst rückbaufähigen Ausführung dargestellt und beschrieben. Änderungen zum Ursprungsdetail sind in der Abbildung in Grün dargestellt. Wie oben angemerkt, wurde bei der Umplanung ein besonderes Augenmerk auf eine möglichst große Nähe zum Ursprungsdetail gelegt.

Abbildung 7: Leitdetail Attika [Institut für Architekturtechnologie (IAT), TU Graz]



Das Primärtragwerk besteht wie beim Ursprungsdetail aus Stahlbeton, dazu gehören die Wandscheibe, die Deckenplatte (1) und die Attikamauer (2). Für die Wand und die Decke wurde weiterhin eine vor Ort Herstellung mittels Betongießen angedacht. Im Unterschied zum Ursprungsdetail werden bei diesem Vorgang Montagebolzen des SUMO® Wandschuh-Systems einbetoniert. Dadurch kann die Attika als Fertigteil, ausgestattet mit einbetonierten SUMO® Wandschuh Elementen, auf die Montagebolzen aufgeschraubt werden.⁸³ Eine mögliche Alternative wäre zudem das „BT-Spannschloss“ von *B.T. innovation GmbH*.⁸⁴

Die Montageöffnungen werden aus Brandschutzgründen dem derzeitigen Baustandard entsprechend mit Mörtel gefüllt, laut einer Ansprechperson bei *Peikko Austria*. Da dies Schwierigkeiten beim Rückbau eröffnet, wurde eine Füllung mit Gips oder mit Mineralwolle und eine Verriegelung mit z.B. einer Metalltür angedacht. Es wurde diskutiert, auch die Deckenplatte und die Wandscheibe mit demselben System und als rückbaubare Fertigteile auszubilden. Was laut einer Auskunftsperson des Herstellers grundsätzlich möglich wäre. Dies wurde im Rahmen der Fachgespräche jedoch als schwerer realisierbar und dem Baustandard zu sehr widersprechend eingeschätzt. Die Attika wurde, als weniger beanspruchtes Bauteil und im Falle einer Aufstockung als austauschbares Element, für eine solche Umplanung als geeignet erachtet.

Die Bitumen-Dampfsperre (3a) wird für eine möglichst rückbaufähige Ausführung über aufgeschraubte Haftbleche auf die darunterliegende Stahlbetonkonstruktion geklemmt. Um trotz Klemmen eine Dichtebene zu gewährleisten, werden die einzelnen Bahnen der Dampfsperre untereinander an den überlappenden Stößen mittels Flämmen verklebt. Somit müssten die Bahnen für einen Rückbau nur aufgeschnitten und die Klemmen gelöst werden und die Bahnen können in einen Herstellungs-/ Recyclingprozess rückgeführt werden. Denkbar wäre hier zudem eine Kombination mit der durchdringungsfreie Feldbefestigung „isoweld®“, wo die Bahnen mittels Induktionsschweißen befestigt werden.⁸⁵

Auf die Dampfsperre (3a) werden EPS-Hartschaumplatten (4a, 4b) in zwei Ebenen lose verlegt. Die Montage erfolgt lediglich über einen Formschluss zwischen den Platten (durch die gefalzten Produktkanten) sowie durch die Auflast der Kiesschüttung (19). Die unteren Dämmplatten (4a) bleiben nach einem Rückbau in ihrer ursprünglich-hergestellten, modularen Plattenform erhalten und für eine spätere Wiederverwendung nutzbar. Die oberen Dämmplatten (4b) bilden das Gefälle ab und sind somit aus geometrischen Gründen beschränkt wiederverwendbar. Die darüberliegende erste Abdichtungsebene (5a) wird als Montagehilfe mechanisch auf der oberen Dämmschicht (4b) befes-

⁸³ Vgl. Peikko 2021, 18.

⁸⁴ Vgl. B.T. innovation GmbH.

⁸⁵ Vgl. SFS Group AG.

tigt. Eine zusätzliche Befestigung erfolgt seitlich über Haftbleche und ein Festklemmen an der Attikawand wie auch über den später aufgebracht Kies. Die zweite Dichtebene (7a) wird mit der ersten Ebene (5a) verklebt oder verschweißt. Hierbei ist darauf zu achten, dass die darunter liegenden Haftbleche gut abgedichtet werden. Darüber liegt lose überlappend das Schutzvlies (19a) und die Kiesschüttung (19). Die Dichtebenen können somit von der Dämmung getrennt rückgebaut werden. Untereinander und mit den Haftblechen verbleiben sie verklebt.

Die Dämmplatten an der Attikamauer (6, 8) werden gedübelt bzw. geschraubt, aber nicht mehr verklebt. Die imprägnierte Mehrschichtplatte (14) wird wie im ursprünglichen Standarddetail durch Schrauben montiert. Auf ihr verläuft die Hochzugsabdichtung (15a), die nun mittels aufgeschraubten Haftblechen festgeklemmt wird. Bei dem Übergang von der horizontalen zu vertikalen Lage werden die Abdichtungen überlappend verlegt und miteinander verschweißt oder geflämmt (wobei die darunterliegende Dämmung nicht zerstört werden darf). Auf dieser Weise wird gewährleistet, dass die Abdichtungen untereinander zwar erneut irreversibel verklebt werden, die darunterliegende Dämmschichten aber sortenrein rückgebaut werden können.

Auf der imprägnierten Mehrschichtplatte (14) und neben der Abdichtung des Hochzuges (15a) wird ein Abtropfprofil (13) ausgebildet. Zudem wird zwischen der Mehrschichtplatte und der Fassadendämmung (9a) wie bei Ursprungsdetail ein Fugendichtband (12) verklebt. Die Attikahalterung (18) wird weiterhin über das ENKA-Vent (17) aufgeschraubt und das Attikablech (18) durch einklicken oder einschnappen befestigt. Die Abdichtung (15a) unter dem Attikablech wird durch eine Klemmschiene angebracht. Wie beim Ursprungsdetail wird die Blechverkleidung (20) mittels Einhängen und durch den Kies befestigt.

An der Fassade wird wie beim Ursprungsdetail ein Wärmedämmverbundsystem konstruiert. Für eine rückbaufähigere Ausführung wurde das System „weber.therm circle“ eingesetzt. Hierbei werden die Dämmplatten (9a) ausschließlich mit Montagedübeln befestigt. Auf Klebemörtel wird verzichtet.⁸⁶ Wie beim Fachgespräch angemerkt wurde, ist eine solche Befestigung bei größeren Gebäudehöhen wegen starken Windlasten eventuell nicht geeignet. Dies sollte im Einzelfall überprüft werden. Auf die Dämmplatten wird anschließend ein Separationsgewebe (11a) aufgebracht, auf welches dann die Armierung und der Putz erfolgt. Der Rückbau des Putzes inklusive Armierung kann in größeren Segmenten mit einem hydraulischen Greifer, ohne Beschädigung der Dämmplatten durchgeführt werden.⁸⁷ Der obere Abschluss wird wie beim Ursprungsdetail mit einem Attikaprofil (10) ausgebildet. Somit können der Putz und die Dämmplatten voneinander getrennt rückgebaut und einer Wiederverwendung oder Verwertung zugeführt werden.

⁸⁶ Vgl. Saint-Gobain Weber GMBH.

⁸⁷ Vgl. Ebd., 8–9.

Als Alternative zum Wärmedämmverbundsystem wurden gedübelte Putzträgerplatten (z.B. Tek-talan), hinterlüftete Fassaden und Plattenfassaden mit Fugen diskutiert. Diese stellen jedoch ein anderes Konstruktionsprinzip als das Ursprungsdetail dar, was vermieden werden sollte.

4.2.1.2.1 Bewertung

Nachfolgend ist die Bewertung des überarbeiteten Details dargestellt. Wesentliche Aspekte der Bewertung sind zudem textlich beschrieben.

Tabelle 17: Bewertung rückbaufähiges Standarddetail „Attika im Stahlbetonflachdach“

ID	Element	Tragende Verbindung	Verbindung mit	CT	CA	DPc	ID	GPE	DPcp	DPp
DETAIL gesamt										0,520
GRUPPE WARM-DACH										0,40
1a	Stahlbetondecke	Gegossene Verbindung mit darunterliegender Stahlbetonwand durch Anschlussbewehrung und Beton	Stahlbetonwand	0,1	0,1	0,10	0,4	0,1	0,16	0,12
	Voranstrich	\	\	\	\	\	\	\	\	\
3a	Dampfsperre	lose Verlegt mit Haftblech, Stöße geklebt	1 über Voranstrich	0,8	0,1	0,18	0,4	0,1	0,16	0,17
4a	Wärmedämmung EPS	lose Verlegung	3	1	0,1	0,18	1	0,4	0,57	0,28
4b	Wärmedämmung EPS in Gefälle	lose Verlegung	4	1	0,1	0,18	1	0,4	0,57	0,28
5a	1. Abdichtungslage	Mechanische Befestigung	4a	0,8	0,1	0,18	1	0,4	0,57	0,27
7a	2. Abdichtungslage	Kleber	5	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13
19a	Schutzvlies	Auflast	15	1	0,8	0,89	1	1	1,00	0,94
19	Kies	Auflast	19a	1	1	1,00	1	1	1,00	1,00
GRUPPE ATTIKA										0,66
2a	Stahlbetonattikamauer	Schraubverbindung, ausgedämmt, nicht vermörtelt	1	0,8	0,4	0,53	0,1	1	0,18	0,27
6	EPS (seitlich)	Dübel	2	0,6	0,4	0,48	1	1	1,00	0,65
15a	3. Abdichtung (Hochzug)	Haftblech und Linienaufklebung	7 und 14	0,6	0,4	0,48	1	0,1	0,18	0,26

ID	Element	Tragende Verbindung	Verbindung mit	CT	CA	DPc	ID	GPE	DPcp	DPp
8a	Gefälledämmung Attika	Schrauben	2	0,8	0,6	0,69	1	1	1,00	0,81
13	Abtropfprofil	\	\	\	\	\	\	\	\	\
14	imprägnierte Mehrschichtplatte	Schrauben	2 durch 8, 3 und 5	0,8	0,6	0,69	1	1	1,00	0,81
17	ENKA-VENT	Punktuell, Halterung	14	0,8	0,8	0,80	1	1	1,00	0,89
18	Attikahalterung	Schrauben	17	0,8	1	0,89	1	1	1,00	0,94
21	Attikaabdeckung	Click	18	1	1	1,00	1	0,4	0,57	0,73
20	Blechverkleidung	Geometrie	21, 19	1	1	1,00	1	1	1,00	1,00
GRUPPE WDVS										0,38
9	WDVS Platte (MW)	Dübel	1 und 2	0,6	0,4	0,48	1	1	1,00	0,65
10	Attikapprofil mit Armierung	\	\	\	\	\	\	\	\	\
11a	Separationsgewebe	Grundputz	9	0,6	0,1	0,17	1	0,1	0,18	0,18
11	Armierungsgewebe	Putz	11a	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13
12	Fugeband	Kleber (kalt)	9	0,8	0,6	0,69	1	1	1,00	0,81
16	Strukturputz	Feste chemische Verbindung (v) mit dem Armierungsgewebe (11)	11	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13

Beim Dach wurden die Abdichtung (5a) und die Dampfsperre (3a) mittels Klemmverbindungen befestigt. Dementsprechend konnte die Art der Verbindung (CT) mit 0,8 Punkten bewertet werden. Da die Stöße für eine dichte Ausführung weiterhin verklebt sind, wurde die Geometrie der Produktkante (GPE) mit 0,1 bewertet. Grundsätzlich würde die Klemmverbindung die Zugänglichkeit des gesamten Aufbaus erhöhen. Da die oberste Dichtebene (7a) für eine möglichst große Dichtigkeit mit der darunter liegenden Ebene (5a) jedoch verklebt wird, ist die Zugänglichkeit der Verbindung (CA) aller darunter liegenden Elemente geringer zu bewerten. Hierbei ist festzuhalten, dass die Möglichkeit die Abdichtungsbahnen sortenrein rückzubauen in der aktuellen Bewertungsmethode nicht entsprechend abgebildet wird.

Beim Wärmedämmverbundsystem ist durch die Anwendung des neuen Systems ein Rückbau von Putz und Armierung ohne Beschädigung der Dämmplatten (9) möglich. Hierbei wird jedoch der Putz zerstört, was die Bewertung der Zugänglichkeit der Verbindung (CA) der Dämmplatten grundsätzlich verringert.

Das ursprüngliche Standarddetail wurde mit 0,413 Punkten bewertet. Insgesamt verbessert sich das Detail durch die vorgenommenen Änderungen auf 0,520 Punkte, bzw. um 25,9%.

4.2.1.3 Potentiale und Herausforderungen

Die Potentiale und Herausforderungen, welche im Kontext des Details identifiziert werden konnten, umfassen die Bewertung der Rückbaufähigkeit und die rückbaufähige Konstruktion.

Bei der Bewertung der Rückbaufähigkeit bestehen Herausforderungen bei der Einstufung von Bauelementen, insbesondere in Hinblick auf die Schichten / Lebensdauergruppen eines Bauwerks. Dies betraf vor allem die Attikamauer. Dieses Element erfüllt eine tragende Funktion und kann damit zur Primärstruktur zugeordnet werden, als auch als Fertigteil zur äußeren Schicht des Gebäudes, der sogenannten „Hülle“. Entweder wird das Element im Zuge einer Erneuerung der Hülle rückgebaut, oder erst beim Rückbau der Tragstruktur. Die Zuordnung der Elemente ist entscheidend, da dies maßgeblich die Bewertung beeinflusst.

Herausforderungen bestehen zudem bei der Einschätzung der „Art der Verbindung“ bei Folien oder Abdichtungsbahnen. Grundsätzlich bestehen unterschiedliche Möglichkeiten der Verbindungsart, wie selbstklebende Folien, Flämmen oder Kleben mit Zusatzstoffen. Aber auch vollflächige, punktuelle und lineare Verklebungen. Je nach Ausführung, z.B. vollflächige oder punktuelle Verklebung, ergeben sich beim Rückbau unterschiedliche technische Herausforderungen, die bei der Bewertung und Berechnung berücksichtigt werden müssen. In der bestehenden Bewertungsmethode ist dies nicht abgebildet.

Auch die Bewertung von geklemmten Folien, durch z.B. aufgeschraubte Haftbleche, stellt eine Herausforderung dar. Die Folie ist in der Regel lose verlegt und eingeklemmt und bleibt theoretisch austauschbar. Die Haftbleche hingegen sind fest verschraubt. Wodurch die Folie als geklemmt oder als geschraubt zu bewerten ist. Unabhängig davon, ob nur wenige Schrauben verwendet werden oder eine größere Fläche betroffen ist. Dies zeigt, dass eine differenzierte Betrachtung von Schraubverbindungen, in Abhängigkeit von deren Anzahl und Fläche, notwendig ist.

In der verwendeten Bewertungsmethode bleibt zudem unklar, wie mit dem gleichwertigen Austausch von flächigen Elementen oder Komponenten (wie z.B.: Putzteile bei WDVS oder Beplankungen bei Gipskartonwänden) umzugehen ist. Der Bearbeitungsfall „Wartung“ aber auch der zugehörige Bearbeitungsfall „Reparatur“ einer Konstruktion hat einen großen Einfluss auf die Lebensdauer von Konstruktionen und sollte im Idealfall zerstörungsfrei funktionieren. Gerade bei flächigen fugenlosen Bauteilen ist dies meist nicht möglich, eventuell jedoch auch von untergeordneter Relevanz.

Grundsätzlich wird eine Primärkonstruktion, bei gegossener Herstellung, im Kontext der Art der Verbindung schlecht bewertet. Dies könnte jedoch, aufgrund einer längeren potentiellen Lebensdauer und bei Vorhandensein einer hohen Nutzungsflexibilität des Gebäudes, als weniger relevant eingestuft werden. Die Gewichtung der zu bewertenden Objekte für eine bessere Abbildung der Baurealität stellt einen wesentlichen Forschungsbedarf dar.

Zusammengefasst besteht großes Potential in der Weiterentwicklung und Konkretisierung der gewählten Bewertungsmethode.

Im Bereich einer rückbaufähigen Konstruktion bestehen Potentiale in einer Fertigteilbauweise der Primärstruktur (Attikamauer, Wände, Decken). Da nur durch eine fortlaufende Umnutzung des Gebäudes oder durch die Möglichkeit des Rückbaus die maximal technische Lebensdauer der sehr langlebigen Primärstruktur erreicht werden kann. Hierzu bestehen u.a. Herausforderungen bezüglich der Montage und dem späteren Transport für eine Wiederverwendung.

Grundsätzlich bestehen für eine Attikamauer alternative rückbaubare Lösungen mit großem Potential aus anderen Materialien, wie z.B. aus Ziegel, Holz oder Porothersm. Diese hätten jedoch eine größere Entfernung zum Ursprungsdetail bedeutet.

Das rückbaufähige Wärmedämmverbundsystem („weber.therm circle“)⁸⁸ ist positiv hervorzuheben, da diese Ausführung nahezu den herkömmlichen Arbeitsschritten auf der Baustelle entspricht und dennoch eine sortenreine Rückbaubarkeit der Dämmplatten ermöglicht. Wie im Fachgespräch festgehalten wurde, könnten bei höheren Gebäuden jedoch die Windlasten ein Problem für die angewandten Fügmethoden werden.

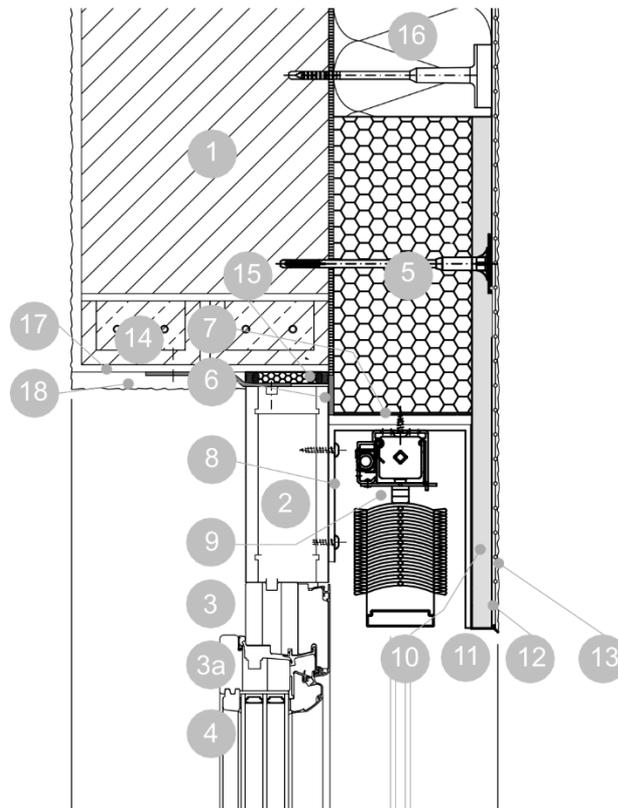
Für die rückbaufähige Befestigung von Abdichtungsbahnen kann das „Klemmen“ als Verbindungsart mit Potential festgehalten werden. Gleichzeitig führt diese Methode zu einem großen Aufwand auf der Baustelle. So müssen zuerst die Klemmschienen befestigt werden, um dann die Bahnen genau auszurichten und festzuklemmen. Zudem müssen die Bereiche zwischen zwei Bahnen für die Herstellung einer Dichtebene weiterhin linear verklebt werden. Auch kann eine Dichtheit das Überdecken und Überkleben der Haftbleche erfordern, was die Komplexität der Arbeitsschritte und des Ablaufs (bei der Herstellung des Gebäudes und beim Rückbau) zunehmend erhöht.

⁸⁸ Saint-Gobain Weber GMBH.

4.2.2 Fensteranschluss oben, Ziegelwand mit WDVS, Jalousiekasten

4.2.2.1 Standarddetail

Abbildung 8: Standarddetail Fensteranschluss oben [Institut für Architekturtechnologie (IAT), TU Graz]



Fenster fungieren als Schnittstelle zwischen Innen- und Außenraum und sind daher zahlreichen bauphysikalischen Herausforderungen ausgesetzt, wodurch ein hoher Anspruch entsteht. Was dieses Detail besonders interessant für eine Überarbeitung macht.

Gemäß den Erfahrungen des Forschungsteams wird bei Fenstern aktuell häufig die oben dargestellte Lösung, eine Kombination einer Fenster-Stockaufdopplung zur Verblendung des Jalousiekastens, welcher mit einem Rollkasten mit Putzträger verbunden ist, angewendet. Die Relevanz

einer außenliegenden Verschattung wird zudem von der *Plattform Fenster Österreich* in Zusammenarbeit mit dem *Bundesverband Sonnenschutz Technik Österreich* betont. Da diese im Sommer eine höhere Kühlenergieeffizienz ermöglicht und zu signifikanten Energieeinsparungen beiträgt.⁸⁹

Beim gewählten Fensterdetail liegt das Fenster außen bündig mit der Primärkonstruktion in einer Ziegelwand (1), wobei die Ziegelmauersteine mittels Kleber oder Mörtel miteinander verbunden sind. Für eine Fensteröffnung wird ein Sturz bzw. Überlager (14) eingesetzt, bestehend aus zwei U-Schalen aus Ziegel mit Betonfüllung. Die tragende Verbindung erfolgt seitlich über ein Einmauern (geklebte Verbindung) und ist in diesem Detail nicht sichtbar. Auf dem Überlager (14) erfolgt ein Mörtelglattstrich auf welchem der Ziegelverband (1) fortgeführt wird.

Die Komponente „Fenster“ besteht aus einer Stockaufdopplung (2), einem umlaufenden Fensterrahmen (3) und einem Fensterflügel (3a) mit Verglasung (4). Die Stockaufdopplung (oben) wird im Werk mit dem Fensterrahmen verbunden (verschraubt) und als Einheit an die Baustelle geliefert und montiert.

Der normgerechte Fensteranschluss der Bauteilfuge erfolgt über Dichtbänder oder Dichtungsfolien bzw. Laschen. In dem vorliegenden Detail wurde die Bauteilfuge (15) aus einem luftdichten Dichtband innen und einem diffusionsoffenen, aber wasserdichten Dichtband außen gebildet, die jeweils auf den Fensterrahmenrücken (3) bzw. die Stockaufdopplung geklebt werden. Bei der Montage wird der Fensterrahmen in die Maueröffnung, welche mit einem vierseitigen Glattstrich (17) ausgebildet ist, hineingehoben und mit Montage-Hilfsmitteln fixiert. Anschließend wird der Rahmen inklusive Stockaufdopplung an allen vier Seiten der Öffnung an die Mauerwand (1 und 14) geschraubt. Dies erfolgt durch den Rahmen hindurch, wobei die Anzahl der Schrauben von der Fenstergröße abhängt. Bei der Stockaufdopplung erfolgt die Verschraubung über Montagelaschen an dem Überlager (14). Die Bauwerksfuge wird anschließend entweder mit Mineralwolle ausgestopft oder ausgeschäumt, wobei Schaum den aktuellen Baustandard darstellt. Abschließend wird der Fensterflügel (3a) inklusive Verglasung (4) über die am Fensterrahmen integrierten Fensterbänder eingehängt. Die Verglasung wurde bereits im Werk in den Fensterrahmen eingelegt und durch Klemmschienen gehalten wobei zusätzlich (rückbaubar) geklebt wird. In späteren Schritten folgt die Verspachtelung (18) der Montagelaschen und eine Farbbeschichtung der Innenwände.

Die Stockaufdopplung (2) dient im vorliegenden Detail zur Befestigung und zum Verblenden des Jalousiekastens (8). Diese Bauteile (2 und 8) sind hierzu miteinander verschraubt. Zudem muss eine Überdämmung von mindestens 3 cm, oder nach Empfehlung der Praxis 4 bis 5 cm, gewährleistet werden. An dem Jalousiekasten (8) ist die Jalousie (9) mittels Schrauben befestigt.

Die Komponente „Sturzelement für Jalousiekasten für WDVS Fassaden“ wird als fertiges Produkt geliefert, montiert und anschließend mit der Fassade verputzt. Der Sturzelement besteht aus einer

⁸⁹ Vgl. Plattform Fenster Österreich, Bundesverband Sonnenschutz Technik 2022.

Dämmplatte (5), welche mit der Ziegelwand verdübelt und verklebt ist, sowie einer Putzträgerplatte (10), welche ab Werk mit der Dämmplatte (5) verklebt und zum Jalousiekasten hin beschichtet ist (7). Der Sicht-Abschluss vor der Jalousie (9) besteht aus einem Kantenschutzprofil inklusive Gewebe (11). Im unteren Bereich der Dämmplatte ist zudem ein Fugendichtband (6) angeklebt, welches hauptsächlich als elastischer Anschluss zwischen der Dämmplatte und Fenster dient und Bewegungen aufnimmt, aber auch eine Sicherung der Bauteilfuge (15) darstellt. Über der Dämmplatte (5) und der Putzträgerplatte (10) wird die Fassade als Wärmedämmverbundsystem fortgesetzt. Die Dämmplatten (16) des Fassadensystems werden über Kleber und Dübel am Mauerwerk befestigt. Auf den Dämmplatten (16) wie auch auf der Putzträgerplatte (10) wird eine Schicht bewehrter Unterputz (12) sowie der Oberputz (13) aufgebracht.

4.2.2.1.1 Bewertung

Nachfolgend ist die Bewertung des Details dargestellt.

Tabelle 18: Bewertung Standarddetail „Fensteranschluss oben, Ziegelwand mit WDVS, Jalousiekasten“

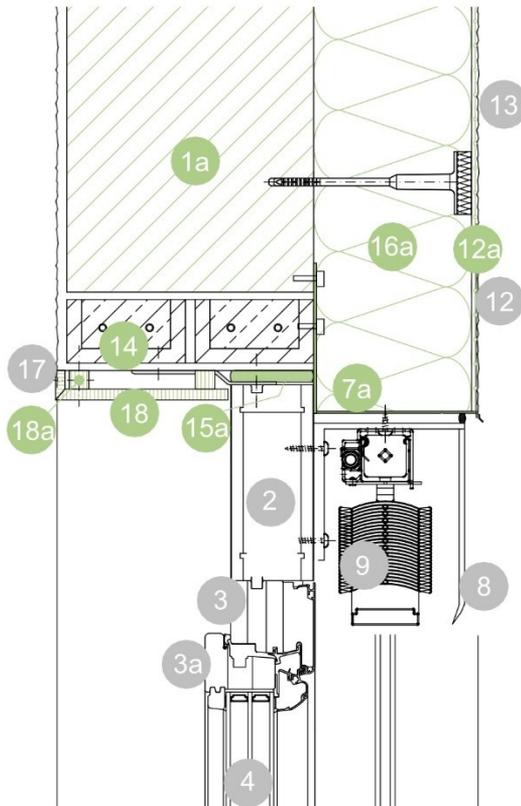
ID	Element	Tragende Verbindung	mit	CT	CA	DPc	ID	GPE	DPcp	DPp
DETAIL gesamt										0,386
GRUPPE WANDAUFBAU										0,15
1	Ziegel	Mörtel und Kleber		0,2	0,1	0,13	0,1	0,1	0,10	0,11
19	Innenputz	Harte Chemische	1	0,1	0,1	0,10	0,4	0,1	0,16	0,12
14	Überlager	Mörtel	1	0,2	0,6	0,30	0,4	0,1	0,16	0,21
17	Glattstrich	Harte Chemische	14	0,1	0,1	0,10	0,4	0,1	0,16	0,12
18	Verspachtelung	Harte Chemische	17	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13
16	WDVS Platte (MW)	Klebemörtel, sekundär mit Dübel	1	0,1	0,1	0,10	0,4	1	0,57	0,17
12	Bewehrter Unterputz	Harte Chemische	10 und 16	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13
13	Oberputz, Anstrich	Feste chemische Verbindung (v) mit dem Armierungsgewebe (11)	11	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13
5	Sto Sturzelement	Kleber und Dübel	1	0,1	0,4	0,16	0,4	1	0,57	0,25
6	Fugendichtband	Kleber	2 und 5	0,1	0,1	0,10	0,4	1	0,57	0,17
10	Putzträgerplatte	werkseitig Teil des Sturzelements	\	\	\	\	\	\	\	\

ID	Element	Tragende Verbindung	mit	CT	CA	DPc	ID	GPE	DPcp	DPp
11	Kantenschutzprofil	werkseitig Teil des Sturzelements	\	\	\	\	\	\	\	\
7	Beschichtung	werkseitig Teil des Sturzelements	\	\	\	\	\	\	\	\
GRUPPE FENSTER										0,69
2	Stockaufdoppelung	Schraube, Fugeband	1	0,8	0,6	0,69	0,4	1	0,57	0,62
3	Fensterrahmen	Schrauben auf Stock	2	0,8	0,8	0,80	1	1	1,00	0,89
3a	Fensterrahmen Flügel	Schanier, eingehängt	3	1	1	1,00	1	1	1,00	1,00
4	Verglasung	Geometrie	3a	0,8	0,6	0,69	1	1	1,00	0,81
15	Bauteilfuge (ÖNORM)	Kleber, chemische	2 und 17	0,1	0,1	0,10	0,1	1	0,18	0,13
GRUPPE JALOUSIEKASTEN										0,78
8	Jalousiekasten	Schrauben auf Stock	2	0,8	0,8	0,80	0,4	1	0,57	0,67
9	Jalousie	Schrauben auf Kasten	8	0,8	0,8	0,80	1	1	1,00	0,89

Als Gesamtergebnis wurden 0,386 Punkte erreicht. Als Ansätze für die weitere Entwicklung hinsichtlich einer möglichst hohen Rückbaubarkeit sind das Wärmedämmverbundsystem inklusive Jalousiekasten und das Ziegelmauerwerk hervorzuheben.

4.2.2.2 Rückbaufähiges Standarddetail

Abbildung 9: Leitdetail Fensteranschluss oben [Institut für Architekturtechnologie (IAT), TU Graz]



Wie beim Ursprungsdetail befindet sich das Fenster in der Ebene der Primärkonstruktion (1) und außen bündig mit dieser. Das Fenster besteht aus einem Fensterrahmen (3) und einem Fensterflügel (3a) mit Verglasung (4). Die Primärkonstruktion, die Ziegelsteine, werden bei dieser Ausführung mit einem rückbaubaren System der *Bauhütte Leitl-Werke GmbH* hergestellt, welches eine neuartige Kombination von Kleber und Trennschicht andenkt. Dieses System befindet sich aktuell in der Forschung, scheint jedoch wesentliches Potential zu besitzen.⁹⁰

Der normgerechte Fensteranschluss wird über Kompribänder (15a) gebildet, was im Fachgespräch als sehr gute und praxisnahe Variante für einen normgerechten Fensteranschluss diskutiert wurde.

⁹⁰ Vgl. Bauhütte Leitl-Werke GmbH.

Hierzu werden zwei Kompribänder, welche über die gesamte Breite des Rahmens bzw. der Stockaufdopplung reichen, rundum aufgeklebt. Anschließend wird das Fenster in die Wandöffnung gesetzt und durch den Rahmen bzw. über die Laschen an der Stockaufdopplung (2) mit dem Mauerwerk verschraubt. Nach einiger Zeit und durch die Reaktion mit Sauerstoff dehnen sich die vor-komprimierten Bänder aus und füllen die Fuge mit Volumen aus. Dabei ist es unmöglich zu verhindern, dass sie sich zum Teil auch seitlich in den Innenraum ausbreiten, und damit die Ästhetik des Fensters beeinträchtigen. Dieser Aspekt, zusammen mit dem Schutz vor möglichen Schäden, wird mit einem Glattstrich (17) gelöst. Als Einzelprodukt kann das Kompriband mehrere Funktionen übernehmen. Es ermöglicht zum Außenraum hin eine Diffusionsoffenheit, Schlagregendichtheit und Winddichtheit, mittig eine Schall- und Wärmedämmung und hin zum Innenraum eine Luft-dichtheit und Diffusionsdichtheit.

Die Stockaufdopplung dient zur Befestigung des Jalousiekastens (8) bzw. verblendet den Jalousie-kasten für eine Betrachtung aus dem Innenraum. Die Jalousie (9) wird wie beim Ursprungsdetail mit dem Jalousiekasten (8) nach oben verschraubt. Der Jalousiekasten ist jedoch als eigenständi-ges Element ausgebildet, welcher keine Wärmedämmplatte oder Putzträgerplatte umfasst. Durch diese konstruktive Trennung des Kastens vom Wärmedämmverbundsystem der Fassade kommt es zu einer wesentlich besseren Zugänglichkeit der einzelnen Komponenten. Jedoch wird das Erschei-nungsbild der Fassade verändert. Das Wärmedämmverbundsystem wird erneut anhand des Sys-tems „weber.therm circle“ ausgeführt. Hierzu wird der Putz auf ein Separationsgewebe (12a) auf-gebracht, wodurch ein Rückbau von den darunterliegenden Dämmplatte möglich wird. Zudem sind die Dämmplatten (16a) nur gedübelt und nicht auf das Mauerwerk geklebt.⁹¹

Im Inneren wird im Bereich des Fenstersturzes eine Verblendung bestehend aus einer Holzverklei-dung (18) und einer Unterkonstruktion (18a) aufgebracht. Diese Verblendung verkleidet die La-schen über welche die Aufdopplung am Sturz montiert sind. Beim Innenputz werden Lehm- oder Kalkputze eingesetzt, welche eine höhere Rückbaubarkeit aufweisen können.^{92 93}

4.2.2.2.1 Bewertung

Nachfolgend ist die Bewertung des rückbaufähigen Details dargestellt.

⁹¹ Vgl. Saint-Gobain Weber GMBH.

⁹² Vgl. E. Hebel et al. 2023, 160.

⁹³ Vgl. Bauhütte Leitl-Werke GmbH.

Tabelle 19: Bewertung rückbaufähiges Standarddetail „Fensteranschluss oben, Ziegelwand mit

ID	Element	Tragende Verbindung	Verbindung mit	CT	CA	DPc	ID	GPE	DPcp	DPp
DETAIL gesamt										0,533
GRUPPE WANDAUFBAU										0,38
1a	Vollziegel	Mörtel		0,6	0,4	0,48	0,1	0,4	0,16	0,24
19	Innenputz	nasse Verbindung	1	0,4	0,1	0,16	0,4	0,1	0,16	0,16
14	Überlager	Auflagevlies	1	1	0,4	0,57	0,4	0,1	0,16	0,25
17	Glattstrich - Lehm	nasse Verbindung	14	0,4	0,4	0,40	0,4	0,1	0,16	0,23
18a	Unterkonstruktion	Schrauben	17	0,8	0,8	0,80	1	1	1,00	0,89
18	Holzverkleidung	Schrauben	17	0,8	1	0,89	1	1	1,00	0,94
16a	WDVS Platte (MW)	Dübel	1	0,6	0,4	0,48	0,4	1	0,57	0,52
12a	Separationsgewebe	Grundputz	9	0,6	0,1	0,17	1	0,1	0,18	0,18
12	Armierungsgewebe	Putz	11a	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13
13	Oberputz, Anstrich	Feste chemische Verbindung (v) mit dem (11)	11	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13
7a	WDVS Abschlussprofil	Schrauben	1, 14	0,8	0,4	0,53	0,4	1	0,57	0,55
GRUPPE FENSTER										0,72
2	Stockaufdoppelung	Schraube, Fugeband Ausschäumung	1	0,8	0,6	0,69	0,4	1	0,57	0,62
3	Fensterrahmen	Schrauben auf Stock	2	0,8	0,8	0,80	1	1	1,00	0,89
3a	Fensterrahmen Flügel	Schanier, eingehängt	3	1	1	1,00	1	1	1,00	1,00
4	Verglasung	Geometrie	3a	0,8	0,6	0,69	1	1	1,00	0,81
15a	Kompriband	Montagekleber	2	0,8	0,4	0,53	0,1	1	0,18	0,27
GRUPPE JALOUSIEKASTEN										0,89
8	Jalousiekasten	Schrauben auf Stock	2	0,8	0,8	0,80	1	1	1,00	0,89
9	Jalousie	Schrauben auf Kasten	8	0,8	0,8	0,80	1	1	1,00	0,89

Als Gesamtergebnis wurden 0,533 Punkte erreicht, was eine Verbesserung von 38 % entspricht.

4.2.2.3 Potentiale und Herausforderungen

Die Herausforderungen im Kontext der Bewertung wurden bereits beim vorangehenden Detail angeführt. Die hier identifizierten Potentiale und Herausforderungen im Bereich der rückbaufähigen Konstruktion sind nachfolgend angeführt.

Fenster stellen Bauelemente dar, welche im Vergleich zu anderen Elementen einer Außenwand vollständig und als Ganzes ausgetauscht werden können. Zudem werden Fenster als relevante Bauteile für eine Kreislaufführung angegeben.⁹⁴ Es besteht somit ein großes Potential für die direkte Wiederverwendung und darin die Bauteilfuge, den Anschluss zwischen Fenster und Primärstruktur, trotz der hohen bauphysikalischen Anforderungen, rückbaufähig zu gestalten.

Im Projekt wurden unterschiedliche Ansätze der Bauteilfuge (z.B. anhand der Platzierung in Relation zur Wand, oder mittels loser und geklemmten Folien) angedacht. Im Fachgespräch wurde jedoch darauf verwiesen, dass die (vereinzelt) bereits praxisübliche Verwendung von Kompribändern bereits eine gut funktionierende und grundsätzlich auch rückbaubare Lösung (durch ein Aufschneiden der Fuge) darstellt. Dementsprechend besteht großes Potential darin, die Anwendung von Kompribändern beim Einbau von Fenstern auszuweiten. Hierbei ist anzumerken, dass es bei einem Rückbau weiterhin zu Beschädigungen des Glattstrichs, der Spachtelung und der Farbe kommen wird. Diese Schäden sind nach dem Einbau eines neuen Fensters jedoch einfach zu reparieren. Zudem besteht eine Möglichkeit darin, den Fenstersturz mit einer abnehmbaren Holzverkleidung auszubilden, was auch eine hochwertige ästhetische Lösung darstellen kann.

Ein weiterer wesentlicher Punkt betrifft die Verbindung mit dem Jalousiekasten. Beim rückbaufähigen Detail wurde eine getrennte Lösung vorgeschlagen, welche in der Praxis teilweise bereits angewandt wird. Diese Lösung genügt ästhetisch eventuell nicht allen Ansprüchen, besitzt für eine Rückbaubarkeit jedoch großes Potential.

Im Kontext der Primärstruktur besteht großes Potential in einer Verbindung der Ziegelsteine durch rückbaufähiges Kleben (System von *Bauhütte Leitl-Werke GmbH*).⁹⁵ Grundsätzlich ist jedoch auf die Herausforderung und den hohen handwerklichen Aufwand beim Rückbau und die Wiederverwendung einzelner Ziegel hinzuweisen.

Für eine rückbaufähige Primärstruktur wäre auch eine Anwendung von Kalk- oder Lehmörtel denkbar, welche zwar geringere Haftkräfte aufweist, im Gegensatz zu Zementmörtel jedoch auch auf materialtechnischer Ebene wiederverwendet werden kann. Die geringen Haftkräfte könnten durch eine zusätzliche Skelettkonstruktion aufgenommen werden, oder sind aufgrund einer geringen Geschossigkeit (z.B. bei Einfamilienhäusern) nicht relevant.

⁹⁴ Vgl. Markus Meissner, Roman Borszki, Thomas Romm, Irene Schanda, Matthias Neitsch 2021, 15.

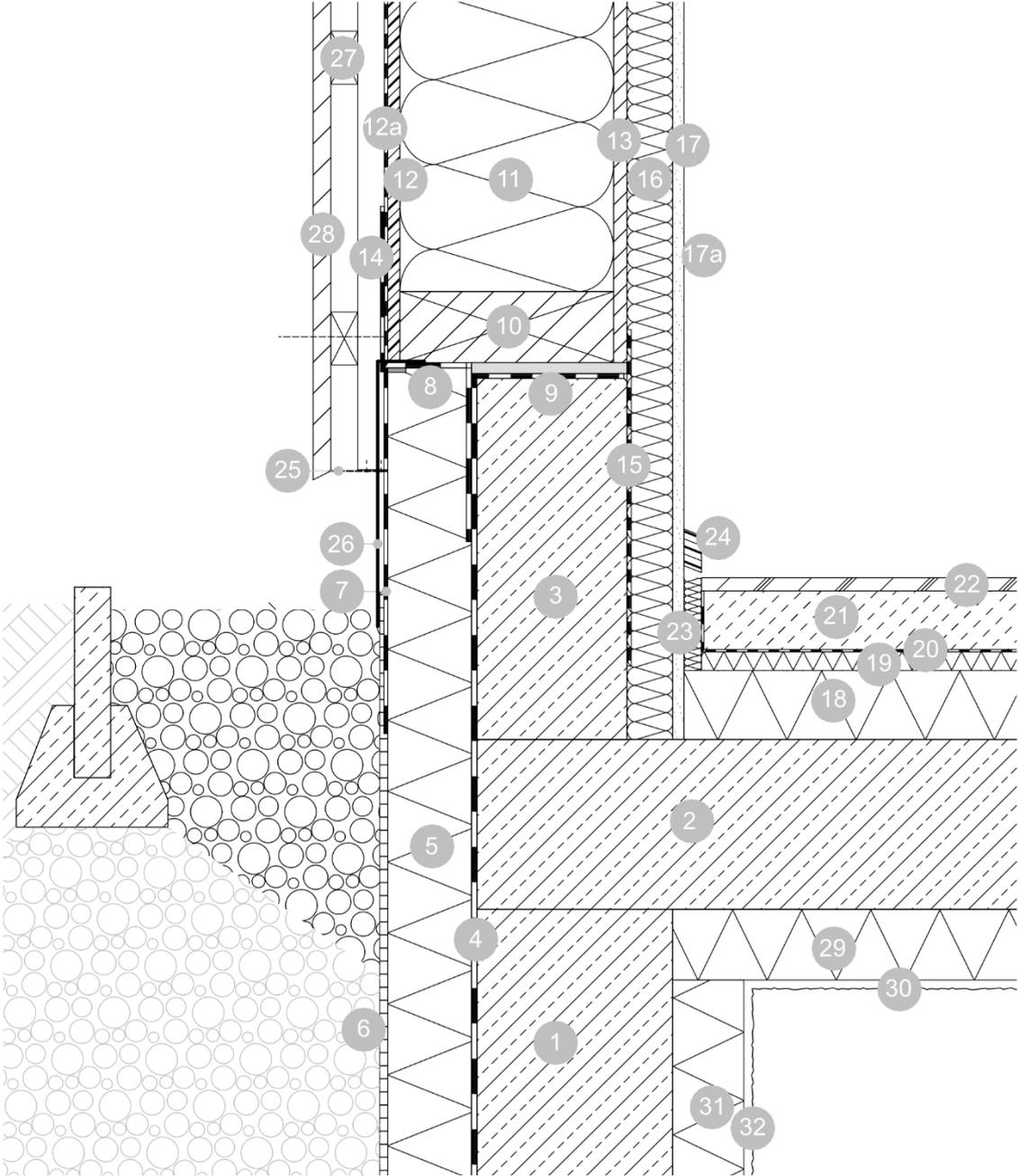
⁹⁵ Vgl. Bauhütte Leitl-Werke GmbH.

Im Kontext des rückbaufähigen Klebens besteht ein weiteres Potential darin, Montagekleber mit Demontagewerten zu versehen. So könnte beispielsweise ein Klebprodukt auf der Verpackung eine Bewertung der Verbindungseigenschaften in Kombination mit verschiedenen Untergründen zeigen (z.B. Kleben von Kunststoff auf Stahlbeton $CT = 0,8$). Dadurch könnte auch sichergestellt werden, dass Bauelemente, die nur zu Hilfszwecken bei der Montage geklebt werden, beim Rückbau gut lösbar sind.

4.2.3 Sockelanschluss aus Stahlbeton und Keller, mit Holzrahmenwand

4.2.3.1 Standarddetail

Abbildung 10: Standarddetail Sockelanschluss aus Stahlbeton und Keller, mit Holzrahmenwand
[Institut für Architekturtechnologie (IAT), TU Graz]



In Österreich werden Wohngebäude häufig mit Unterkellerungen ausgeführt. Hierbei werden die Kellerräume in der Regel als „halb-warme“ Räume geplant und genutzt. Das gewählte Detail umfasst einen Keller, einen Betonsockel und darauf aufbauend einen Holzrahmenbau.

Bei Holzaußenwänden dient ein Betonsockel dazu, die Holzkonstruktion vor Spritzwasser oder stehendem Wasser zu schützen. Im modernen Holzbau zeichnet sich zudem ein Trend zur verstärkten Vorfertigung ab,⁹⁶ wobei der Holzrahmenbau vom *Österreichischen Institut für Bauen und Ökologie* (IBO) als „bewährte Holzkonstruktion“ empfohlen wird.⁹⁷

Das Sockeldetail umfasst eine Wand (1), eine Decke (2) und eine Sockelmauer (3) aus Stahlbeton. Diese Bauteile werden zum Erdreich hin über eine aufgeklebte Abdichtung abgedichtet (4), zudem erfolgt eine Perimeterdämmung (5), welche ebenso durch aufkleben befestigt wird. Auf der Perimeterdämmung wird eine weitere Abdichtung (7) aufgeklebt und zum Erdreich hin eine Noppenbahn (6) aufgebracht. Nach oben zur Holzkonstruktion hin wird auf der Perimeterdämmung eine weitere Abdichtung (8) und ein Fugendichtband aufgeklebt.

Im Sockelbereich wird als Witterungsschutz ein Sockelblech (26) befestigt, welches über Halter montiert wird und im unteren Bereich zudem durch Kies gehalten wird.

Die Holzwand, welche auf der Sockelwand positioniert und befestigt wird, besteht aus einem Holzrahmen (10). Die Holzrahmenwand wird im Werk aus horizontalen und vertikalen Elementen mit Zwischendämmung (11) gefertigt. An der Innenseite ist eine OSB-Platte (13) mittels Klammern zur Aussteifung befestigt, wobei die Stöße der Platten für die Funktion einer Dampfsperre zusätzlich verklebt sind. Die Montage der Holzwand erfolgt durch ein Verschrauben mit der Stahlbeton-Sockelmauer, durch einen Quellmörtel (9) hindurch. Daraus folgt eine geklebte und geschraubte Verbindung. Anschließend wird an der Außenseite eine MDF-Platte (12) festgenagelt und ein Windpapier (12a) festgetackert. Die Fassade besteht aus einer Lattung (14), einer Konterlattung (27) und vertikalen Holzlatten (28), die zueinander ein Nut-Feder-System ausbilden. Alle diese Elemente werden durch Schrauben befestigt. Als Abschluss nach unten hin wird ein Insektengitter (25) angebracht.

Innenseitig erfolgt an der Fuge zwischen der Sockelwand und der Holzwand eine luftdichte Abdichtung (15) welche erneut mittels Kleben befestigt wird. Davor wird eine Installationsebene, beste-

⁹⁶ Vgl. Höher, Dolezal, Stirimitzer Mai 2021, 26.

⁹⁷ Vgl. Ebd., 23–26.

hend aus einer Lattung, welcher an die Primärkonstruktion angeschraubt wird, einer eingeklemmten Mineralwolle (16) und einer aufgeschraubten Gipskarton-Platte (17) gebildet. Für eine finale Oberfläche wird diese Platte verspachtelt und gemalt.

Der Fußbodenaufbau besteht aus EPS-Platten (18), einer Trittschalldämmung (19), einer PE-Folie (20) und einem Nassestrich (21), welche alle gelegt und mittels Eigenlast sowie geometrisch bedingt in Position gehalten werden. Auf dem Estrich wird als finale Oberfläche Parkett (22) aufgebracht. Zur Wand hin wird zudem ein Randdämmstreifen (23) montiert und eine Sockelleiste (24) an die GK-Platte geklebt.

Im Innenraum des Kellers werden an der Wand und an der Decke Dämmplatten (29,31) durch Kleben montiert. Anschließend werden diese verputzt (30,32).

4.2.3.1.1 Bewertung

Nachfolgend ist die Bewertung des Details dargestellt.

Tabelle 20: Bewertung Standarddetail „Sockelanschluss aus Stahlbeton und Keller, mit Holzrahmenwand“

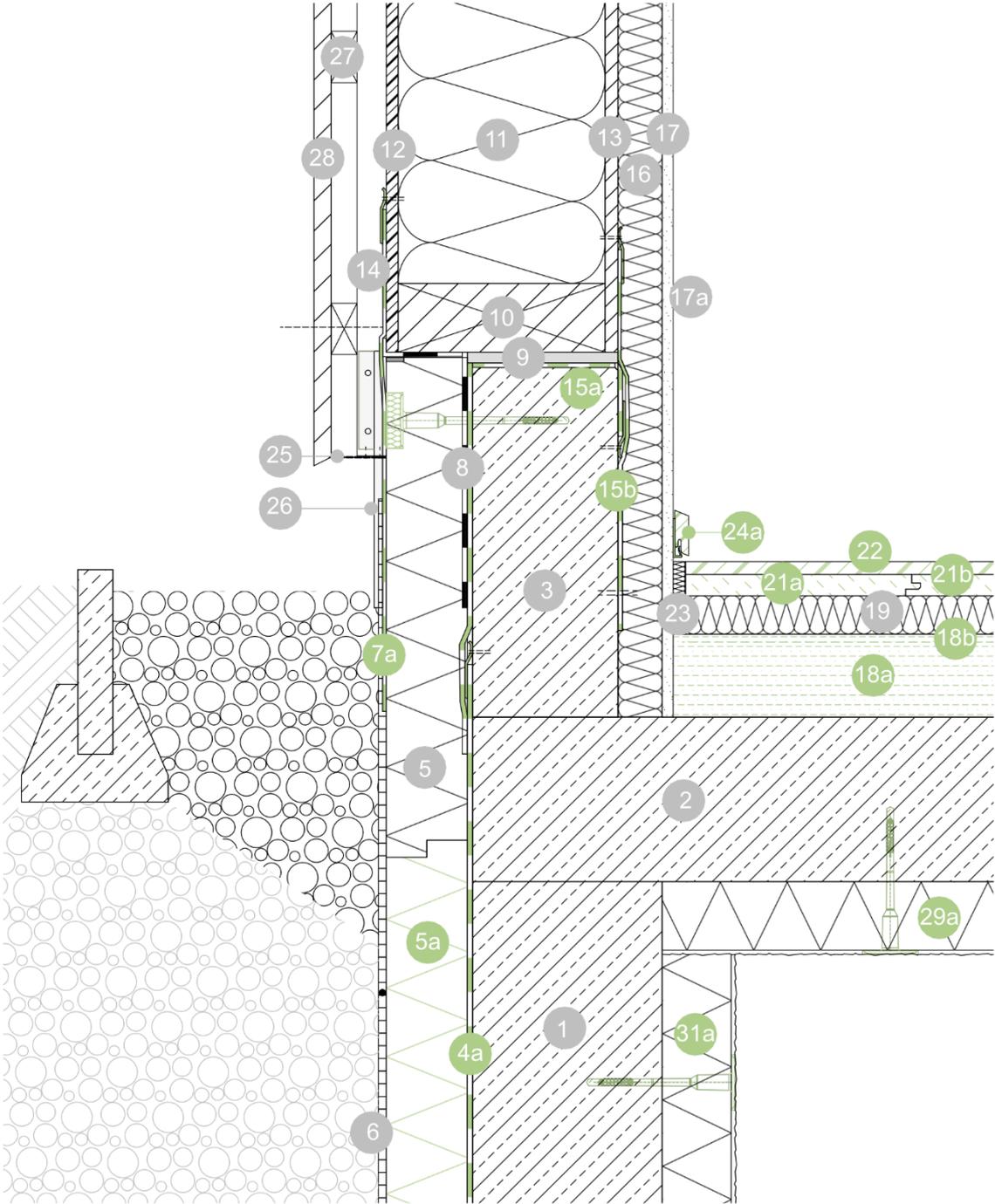
ID	Element	Tragende Verbindung	mit	CT	CA	DPc	ID	GPE	DPcp	DPp
DETAIL gesamt										0,324
GRUPPE KELLERWAND										0,169
1	Stahlbetonwand	Bewehrung		0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	
4	Kellerabdichtung	Chemische Verbindung	1, 2, 3	0,1	0,1	0,10	0,4	0,1	0,16	0,12
5	Perimeterdämmung	Klebeverbindung	1, 2, 3 über 4	0,1	0,1	0,10	1	1	1,00	0,18
6	Noppenbahn	Nagel	5	0,6	0,1	0,17	0,4	0,4	0,40	0,24
31	Dämmung	Klebeverbindung	1	0,1	0,1	0,10	0,4	1	0,57	0,17
32	Innenputz	Chemische Verbindung	31	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13
GRUPPE SOCKELANSCHLUSS										0,333
3	Sockelmauer Stahlbeton	Bewehrung	2	0,1	0,1	0,10	0,1	0,1	0,10	0,10
10	Holzrahmen horizontal	Schraube und Quellschmörtel	3	0,2	0,1	0,13	0,4	1	0,57	0,22
7	Abdichtung	Klebeverbindung	5 und 14	0,1	0,1	0,10	0,1	0,1	0,10	0,10
8	Abdichtung	Klebeverbindung	zwischen 5 und 10	0,1	0,1	0,10	0,1	0,1	0,10	0,10

ID	Element	Tragende Verbindung	mit	CT	CA	DPc	ID	GPE	DPcp	DPp
9	Abdichtung Sockelmauer	Klebeverbindung, Quellmörtel	zw. 3 und 9, 10	0,1	0,1	0,10	0,1	0,1	0,10	0,10
15	Abdichtung luftdicht	Klebeverbindung	3 und 13	0,1	0,1	0,10	0,1	0,1	0,10	0,10
25	Insektengitter	Schrauben	14	0,8	1	0,89	1	1	1,00	0,94
26	Sockelblech	Hafter	3	0,8	0,8	0,80	1	1	1,00	0,89
GRUPPE WANDAUFBAU										0,440
28	Holzfassade	Schrauben, Nut, Feder	27	0,8	0,8	0,80	1	0,4	0,57	0,67
27	Lattung	Schrauben	14	0,8	0,8	0,80	1	1	1,00	0,89
14	Konterlattung	Schrauben	12 bzw. 10	0,8	0,8	0,80	0,4	1	0,57	0,67
12a	Windpapier	Getackert	12	0,6	0,4	0,48	0,4	0,4	0,40	0,44
12	MDF Platte	Nagel	10	0,6	0,4	0,48	0,1	1	0,18	0,26
11	Mineralwolle	Lose Verlegung	10	1	0,4	0,57	1	1	1,00	0,73
13	OSB luftdicht verklebt	Geklammert, Stoße verklebt	10	0,6	0,1	0,17	0,4	0,1	0,16	0,17
16	Mineralwolle	Lose Verlegung	13	1	0,1	0,18	0,4	1	0,57	0,28
17	GK-Platte	Schraube, gespachtelt	16, Steher TB	0,8	0,1	0,18	1	0,1	0,18	0,18
17a	Spachtelmasse und Farbe	Nasse Verbindung	17	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13
GRUPPE FUßBODEN										0,293
2	Stahlbetondecke	Bewehrung	1	0,1	0,1	0,10	0,1	0,1	0,10	0,10
18	EPS Platten (Innenraum)	Lose Verlegung	2	1	0,1	0,18	0,4	1	0,57	0,28
19	Isover TDPT	Lose Verlegung	18	1	0,1	0,182	1	1	1,00	0,31
20	PE-Folie	Auflast od. kleben	19	0,8	0,1	0,178	1	0,4	0,57	0,271
21	Estrich	Nasse Verbindung	20	0,1	0,1	0,100	0,4	0,1	0,16	0,123
22	Parkett	Klebeverbindung	21	0,1	0,4	0,16	0,4	0,4	0,40	0,23
29	Dämmung	Klebeverbindung	2	0,1	0,1	0,10	0,4	1	0,57	0,17
30	Innenputz	Chemische Verbindung	29	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13
23	Randdämmstreifen	Auflast	17	1	0,4	0,57	0,4	1	0,57	0,57
24	Sockelleiste	Nagel	17	0,6	0,6	0,60	1	1	1,00	0,75

Als Gesamtergebnis wurden 0,324 Punkte von maximal 1,00 Punkte erreicht. Für die weitere Entwicklung sind die Abdichtungen, Dämmungen wie auch der Fußbodenaufbau hervorzuheben.

4.2.3.2 Rückbaufähiges Standarddetail

Abbildung 11: Leitdetail Sockel Holz [Institut für Architekturtechnologie (IAT), TU Graz]



Das möglichst rückbaufähige Sockeldetail umfasst weiterhin tragende Bauteile aus Stahlbeton und aus Holz, wobei der Keller aus Stahlbeton ausgebildet ist. Diese Bauteile wurden nicht verändert, obwohl wie beim Detail „Attika“ eine Herstellung aus miteinander verschraubbaren Fertigteilen diskutiert wurde. Dies wurde aufgrund der hohen Anforderungen in erdberührenden Bereichen jedoch nicht umgesetzt. Auch die Verwendung eines wasserundurchlässigen Betons ohne Abdichtungen wurde thematisiert, jedoch als zu weit entfernt vom Ursprungsdetail und Baustandard eingeschätzt.

Zur Primärstruktur zählen die Kellerwand (1), die Decke (2) und die Sockelmauer (3). Diese Bauteile werden zum Erdbereich hin abgedichtet (4a), wobei die Abdichtungsbahnen diesmal nicht vollflächig verklebt, sondern mit Haftblechen an der Primärstruktur befestigt und an den Stößen miteinander verklebt oder verschweißt werden. Auch der horizontale Bereich der Sockelmauer wird abgedichtet (15a). Dieses Element wird mithilfe einem verschraubten Haftblech im Inneren fixiert, über die Mauer gezogen und durch Quellmörtel (9) sowie die darüberliegende Konstruktion zusätzlich fixiert. Die Perimeterdämmung (5a) wird nicht aufgeklebt, sondern Elementweise von unten nach oben positioniert und durch das zeitgleich eingebrachte Erdreich an die Außenwände gedrückt und in Position gehalten. Was im Rahmen der Fachgespräche als zielführende Möglichkeit diskutiert wurde. Die Fixierung der Platten wird zusätzlich durch die gefalzte Ausbildung der Plattenstöße unterstützt. Die Dämmplatten, die sich nicht vollständig in der Erde befinden (5), werden im oberen Bereich mit Dübeln befestigt und im unteren Bereich durch den Kies gesichert. Auch die Noppenbahn (6), zum Schutz der Dämmung, wird lose und über den Erddruck fixiert.

Die Holzwand besteht wie beim Ursprungsdetail aus einem Holzrahmen (10), der durch Quellmörtel (9) hindurch auf die Sockelmauer geschraubt wird. Der werkseitig gefertigte Holzrahmen besteht aus vertikalen und horizontalen Elementen mit Zwischendämmung (11). Auf der Innenseite ist zur Aussteifung eine OSB-Platte (13) durch Schrauben befestigt, wobei die Stöße für die Funktion der Dampfsperre mit einem Klebeband verklebt sind. Alternativ könnten mehrere OSB-Platten mit überlappenden Stößen montiert werden, was jedoch die Wandstärke erhöhen würde. Auf der Außenseite der Wand wird eine MDF-Platte (12) verschraubt. Die Stöße werden für eine Winddichtheit mit einem Nut-Feder-System ausgebildet, wodurch auf eine Unterdeckbahn verzichtet werden kann.

Der äußere wind- und wasserdichte Anschluss der Wand an die Sockelmauer erfolgt durch eine Abdichtung (7a), die mithilfe eines Haftblechs, welches an der MDF-Platte angeschraubt ist, geklemmt wird. Auf der Perimeterdämmung wird für den Wandanschluss zudem ein Fugendichtband montiert.

Im oberen Bereich der Dämmung wird zum Schutz vor Spritzwasser, Sonneneinstrahlung und möglichen Beschädigungen der Abdichtung ein Sockelblech (26) mit mindestens einem Zentimeter Abstand installiert. Die Verschraubung erfolgt seitlich im unteren Bereich der Lattung (14) der Fassade.

Die Fassade besteht aus aufeinander geschraubten Elemente in Form einer Lattung (14), einer Konterlattung (27) und vertikalen Holzlatten (28). Die Holzlatten (28) wurden dahingehend überarbeitet, dass sie nicht als Nut-und-Feder-System ausgebildet, sondern auf Sicht aufgeschraubt werden. Am unteren Ende der Fassade wird ein Insektengitter (25) angebracht.

Im Innenbereich wird an der Wand eine Installationsebene angebracht, bestehend aus einer Holzkonstruktion, eingeklemmter Mineralwolle (16) und einer verschraubten Gipskartonplatte (17), welche verspachtelt und übermalt wird (17a). Hier kam es zu keinen Änderungen zum Ursprungsdetail, auch wenn die Rückbaubarkeit von GK-Platten so nicht gegeben ist.

Der Fußbodenaufbau besteht aus einer ungebundenen Leichtschüttung (18a), welche gleichzeitig als Installationsebene dient. Auf der Schüttung werden eine Trennlage (18b), die Trittschalldämmplatten (19) und ein Trockenestrich (21a) verlegt. Über diesem wird eine weitere Trennlage (21b) aufgebracht um einen Parkettboden (22) schwimmend zu verlegen.

Zur Wand hin wird zudem ein Randdämmstreifen (23) montiert. Dieser wird rückbaufähig aufgeklebt, indem ein Kleber mit geringerer Haftwirkung eingesetzt werden soll. Die Sockelleiste (24a) wird an die Gipskartonplatte geschraubt.

Der Innenraum im Keller wird mit Dämmplatten mit integrierter Putzschicht (29a, 31a) verkleidet. Die Platten werden mittels Dübel befestigt. Diese Methode wurde beim Fachgespräch als gute Alternative angemerkt. Die Dämmplatten sind somit zwar Verbundkomponenten, können jedoch besser direkt wiederverwendet werden. Die Dübel bleiben sichtbar, da es sich jedoch nicht um Aufenthaltsräume handelt, ist der Anspruch an Ästhetik reduziert.

4.2.3.2.1 Bewertung

Nachfolgend ist die Bewertung des möglichst rückbaubaren Details dargestellt.

Tabelle 21: Bewertung rückbaufähiges Standarddetail „Sockelanschluss aus Stahlbeton und Keller, mit Holzrahmenwand“

ID	Element	Tragende Verbindung	mit	CT	CA	DPc	ID	GPE	DPcp	DPp
DETAIL gesamt										0,4585
GRUPPE KELLERWAND										0,495
1	Stahlbetonwand	Bewehrung		0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	
4a	Kellerabdichtung	Klemm und punktuell verklebt	1, 2, 3	0,4	0,6	0,48	0,4	0,1	0,16	0,24
5	Perimeterdämmung	oben Dübel	1, 2, 3 über 4	0,6	0,6	0,60	1	0,4	0,57	0,59

ID	Element	Tragende Ver- bindung	mit	CT	CA	DPc	ID	GPE	DPcp	DPp
5a	Perimeterdämmung erdberührt	Lose Verlegung	1, 2, 3 über 5	1	0,6	0,75	1	0,4	0,57	0,65
6	Noppenbahn	Nagel	5	0,6	0,6	0,60	0,4	0,4	0,40	0,48
31a	Dämmplatte mit Putzschicht	Dübel, sichtbar	1	0,6	1	0,75	0,4	0,4	0,40	0,52
GRUPPE SOCKELANSCHLUSS										0,304
3	Sockelmauer	Bewehrung	2	0,1	0,1	0,10	0,1	0,1	0,10	0,10
7a	Abdichtung	Klemmschiene, Stöße verklebt	12	0,8	0,8	0,80	0,1	0,1	0,10	0,18
8	Abdichtung	Kleber	15a, 10	0,1	0,1	0,10	0,1	0,1	0,10	0,10
9	Abdichtung Sockelmauer	Quellmörtel	3, 15a	0,1	0,1	0,10	0,1	0,1	0,10	0,10
10	Holzrahmen horizontal	Schraube und Quellmörtel	3	0,1	0,1	0,10	0,4	1	0,57	0,17
15a	Abdichtung luftdicht	Haftblech, Stöße verklebt	3,9a	0,8	0,1	0,18	0,1	0,1	0,10	0,13
15b	Abdichtung luftdicht	Haftblech, Stöße verklebt	3 und 13	0,8	0,1	0,18	0,1	0,1	0,10	0,13
25	Insektengitter	Schrauben	14	0,8	1	0,89	1	1	1,00	0,94
26	Sockelblech	Hafter	3	0,8	0,8	0,80	1	1	1,00	0,89
GRUPPE WANDAUFBAU										0,503
28	Holzfassade	Schrauben, sichtbar	27	0,8	1	0,89	1	1	1,00	0,94
27	Lattung	Schrauben	14	0,8	0,8	0,80	1	1	1,00	0,89
14	Konterlattung	Schrauben	12/ 10	0,8	0,8	0,80	0,4	1	0,57	0,67
12a	Unterspannbahn	Getackert	12	0,6	0,4		0,4	0,4		
12	MDF Platte	Schrauben, Nut-Feder	10	0,8	0,4	0,53	1	0,4	0,57	0,55
11	Mineralwolle	Lose Verlegung	10	1	0,4	0,57	1	1	1,00	0,73
13	OSB luftdicht verklebt	Geklammert, Stöße verklebt	10	0,6	0,1	0,17	0,4	0,1	0,16	0,17
16	Mineralwolle	Lose Verlegung	13	1	0,1	0,18	0,4	1	0,57	0,28
17	GK-Platte	Schraube	16	0,8	0,1	0,18	1	0,1	0,18	0,18
17a	Spachtelmasse und Farbe	Nasse Verbindung	17	0,1	0,1	0,10	1	0,1	0,18	0,13
GRUPPE FUßBODEN										0,549
2	Stahlbetondecke	Bewehrung	1	0,1	0,1	0,10	0,1	0,1	0,10	0,10
18	Leichtschüttung ungebunden	Lose Verlegung	2	1	0,6	0,75	0,4	0,1	0,16	0,26
19	Isover TDPT	Lose Verlegung	18	1	0,6	0,75	1	1	1,00	0,86
21a	Trockenestrich	Lose, Stöße verklebt	20	1	0,6	0,75	1	0,1	0,18	0,293
21b	Trennlage	lose Verlegung	21a	1	0,8	0,89	0,4	0,4	0,40	0,55
22	Parkett, schwimmend	Lose Verlegung	21	1	0,8	0,89	0,4	0,4	0,40	0,55

ID	Element	Tragende Ver- bindung	mit	CT	CA	DPc	ID	GPE	DPcp	DPp
29a	Dämmplatte mit Putzschicht	Dübel, sichtbar	1	0,6	1	0,75	0,4	0,4	0,40	0,52
23	Randdämmstreifen	Auflast	17	1	0,6	0,75	1	1	1,00	0,86
24	Sockelleiste	Schraube	17	0,8	1	0,89	1	1	1,00	0,94

Insgesamt verbessert sich das Detail von 0,324 auf 0,458 Punkte. Das entspricht einer Verbesserung um 41,40%.

4.2.3.3 Potentiale und Herausforderungen

Die identifizierten Potentiale und Herausforderungen betreffen die rückbaufähige Konstruktion. Generell ist festzuhalten, dass für die rückbaufähige Gestaltung von Kellerkonstruktionen große Herausforderungen bestehen. Diese resultieren vor allem aus den hohen Anforderungen an Dichtigkeit und den daraus folgenden Abdichtungen zum Erdreich.

Großes Potential besitzt eine lose Verlegung der Perimeterdämmung. Hierzu wird diese wie oben beschrieben durch die Erdlasten und mittels Anpressen an die Wand fixiert.

Die Abdichtungsbahnen bzw. der obere Abschluss sind wie beim „Attikadetail“ mit Haftblechen befestigt. Wobei die Herausforderungen beim „Sockelanschluss“ als größer eingeschätzt wurden. Insbesondere, weil bei einer losen Befestigung ein hinterlaufen mit Wasser eher möglich ist, während eine vollflächige Verklebung dies auch bei möglichen punktuellen Rissen verhindern kann.

Bei der Fassade zeigt die Ausbildung der MDF-Plattenstöße im Nut-und-Feder-Prinzip großes Potential, da durch diese geometrische Optimierung die Unterdeckbahn weggelassen werden kann. Beim Standarddetail wird zudem auch die äußerste Schicht der Holzfassade mittels Nut-und-Feder-Prinzip ausgebildet, wobei die Befestigung über eine Schraube oder einen Nagel in die Nut des Brettes erfolgt. Dadurch bleibt die Befestigung unsichtbar, was der Fassade ein sauberes, geschlossenes Erscheinungsbild verleiht. Zudem bietet dieses Fugensystem Vorteile hinsichtlich des Witterungsschutzes. Während dies für Personen der Praxis grundsätzlich nachvollziehbar ist, kann dies Schwierigkeiten für eine Reparatur oder den vollständigen Rückbau (Reihenfolge, unklare Fügung) bedeuten. Dementsprechend wurden bei rückbaufähigeren Detail die Bretter der äußersten Schicht stumpf gestoßen und sichtbar geschraubt. Wie sich durch diese Thematik zeigt, besteht auch wesentlicher Forschungsbedarf in Personen und mit welchem Wissen diese eine rückbaufähige / kreislauffähige Konstruktion „bedienen“ können sollen.

Positiv hervorzuheben ist auch die Möglichkeit, bei untergeordneten Räumen Innenoberflächen bewusst mit sichtbaren Fugen und Verbindungsmittel zu gestalten. Dieser Ansatz könnte sich generell als ein Prinzip etablieren, welches die Rückbaubarkeit wesentlich erhöht. Zusätzlich werden

Inspektionen der Konstruktion und der Primärstruktur vereinfacht, was eine frühzeitige Erkennung von Schäden am Bauwerk ermöglicht und somit zur Langlebigkeit beiträgt.

Ein alternativer Ansatz wäre, den Keller als Pufferzone zu betrachten, anstatt als vollständig vor Witterung geschützten Innenraum. Feuchtigkeit und Wasseransammlungen könnten theoretisch von den Bewohner*innen toleriert und mit technischen Maßnahmen (z.B. Sockelheizungen, Entfeuchtungsgeräte, Taupunktlüftungen) abgeführt werden.

5 Schlussfolgerungen

Im Projekt „Circular Standards“ erfolgte eine Auswahl an Standarddetails, eine Umplanung hinsichtlich einer möglichst hohen Rückbaufähigkeit und jeweils die Bewertung dieser Details. Bei diesem Prozess wurden Problemstellen und Potentiale abgeleitet.

Der österreichische Baustandard wurde anhand der Kriterien „Gebäude-Nutzungstyp“, „Materialzusammensetzung“, „Konstruktive Vielfalt“ (Kernelemente) und „Baustatus“ (Neubau oder Sanierung) gebildet. Während diese Kriterien nicht vollumfänglich abgebildet wurden, stellt dies grundsätzlich eine gute Methode dar, einen Baustandard abzuschätzen.

Im Kontext der Bewertung der Rückbaubarkeit wurden verschiedenen Aspekte festgestellt. Grundsätzlich wird diese Eigenschaft in etablierten Gebäudezertifizierungssystemen bislang nicht umfassend berücksichtigt, obwohl sie eine wesentliche Voraussetzung für die Wiederverwendung von Bauteilen darstellt. Die im Projekt angewandte Methode nach Vliet et al.⁹⁸ bietet viel Potential, lässt jedoch auch Fragen offen. Dies betrifft beispielsweise die Gruppierung der Bauelemente in Lebensdauergruppen und die Definition oder Abgrenzung dieser Gruppen zueinander, wie auch die Definition der Bewertungskriterien „Abhängigkeit“ und „Produktkante“.

Ein weiteres ungeklärtes Thema der Bewertung betrifft die Frage, welche Elemente in die Bewertung einfließen sollen und eine Gewichtung dieser Elemente. Die Auswahl der zu bewertenden Objekte oder Elemente soll das Detail möglichst umfassend abbilden, kann das Bewertungsergebnis jedoch wesentlich beeinflussen. Eine Gewichtung der Einzelergebnisse kann hierbei hilfreich sein, wozu verschiedene mögliche Ansätze bestehen. So könnte dies anhand dem Volumen oder der Fläche des Bauelements erfolgen. Ein weiterer Ansatz schlägt vor, die Elemente nach ihrer Relevanz in einer Kreislaufwirtschaft (z.B. ökonomischer Wert) zu gewichten. Auch könnte dies anhand der Lebensdauer erfolgen, indem z.B. die Demontierbarkeit von Innenoberflächen mit einem höheren Faktor eingerechnet werden als jene der Primärstruktur. Da letztere eine längere Lebensdauer aufweist und eine flexible Umnutzung ermöglichen kann, ohne zwingend rückbaufähig sein zu müssen.

Bei der Bewertung wurde zudem festgestellt, dass die Konstruktion und die Zugänglichkeit der obersten Schichten / Objekte den größten Einfluss auf die Gesamtbewertung haben, da sie die darunterliegenden Objekte maßgeblich beeinflussen.

⁹⁸ Vgl. van Vliet, van Grinsven, Teunizen Mai, 2021.

Im Kontext der Konstruktion besteht grundsätzlich die Notwendigkeit, Bauelemente in sinnvolle Gruppen einzuteilen und als diese Gruppen (z.B. Fenster) in Gebäude ein- und rückzubauen. Gleichzeitig führt eine Gruppierung von Elementen mit unterschiedlicher Lebensdauer, Materialität und Funktion (z.B. Jalousiekasten mit Dämmkörper) zu Schwierigkeiten beim Rückbau. Darüber hinaus besteht die Anforderung, bei manchen Details einen Systemwechsel in der Konstruktion vorzunehmen, sich somit etwas weiter vom Baustandard zu entfernen. Ein Vorgang, der Schrittweise erfolgen könnte.

Bei der Konstruktion wurde zudem festgestellt, dass Abdichtungen wie auch das Verkleben von Objekten die Rückbaubarkeit wesentlich beeinflussen. Während es für beispielsweise Wärmedämmverbundsysteme rückbaubare Systeme am Markt gibt (z.B. „weber.therm circle“)⁹⁹, ist das bei Abdichtungen nicht der Fall. Hier kann mit Haftblechen gearbeitet werden, wobei dies weitere Untersuchungen erfordert und den Aufwand bei Herstellung und Rückbau des Gebäudes wesentlich erhöhen kann. Generell ist im Kontext von Abdichtungen darauf hinzuweisen, dass eine rückbaufähigere Ausführung aktuell in vielen Fällen der Norm widerspricht. So sind laut ÖNORM B 3692:2014 Abdichtungsbahnen (Bitumenbahn) grundsätzlich im Flämmverfahren oder durch thermisches Aktivieren der Klebefläche aufzukleben. Desweiteren ist das obere Ende von bahnförmigen Wandabdichtungen gegen Abrutschen zu sichern. Zudem sind EPDM Abdichtungsplanen und –bahnen spannungsfrei zu verlegen. Wie auch sind laut dieser ÖNORM Auf- und Abbordungen vollflächig aufzukleben oder mechanisch so zu befestigen, sodass die Dichtungsbahnen auf dem Untergrund aufliegen.

Die Projektergebnisse haben für Forscher*innen hohe Relevanz, welche im Bereich der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen forschen. Besonders bei einem Fokus auf die Konstruktion und Bewertungsmethoden. Hierzu kann auf der oben beschriebenen Methode und den Details aufgebaut und diese weiterentwickelt werden. Weitere Relevanz besteht für Fachleute aus der Praxis die rückbaufähig planen möchten. Darunter befinden sich Architekturbüros, Bauunternehmen und Generalplanungsbüros. In diesem Kontext wurde die Bedeutung einer rückbaufähigen Planung hervorgehoben, ein Aspekt, der im Diskurs rund um die Kreislaufwirtschaft bisher weniger im Fokus steht.

Potenzielle Herausforderungen der Forschungsergebnisse ergeben sich daraus, dass das Forschungsteam bei der Überarbeitung der Details nicht alle aktuell geltenden Normen berücksichtigen konnte. Dies eröffnet eine Diskussion über die praktische Eignung rückbaufähiger Details sowie über Haftungsfragen bei einer nicht normgerechten Anwendung von rückbaufähigen Konstruktionen.

Das Projektteam hat die bestehenden Ergebnisse bereits weitergeführt, indem die Bewertungsmethode bei einem weiteren Forschungsprojekt („Studie Rückbaubarkeit Aufbauten - Zentralküche

⁹⁹ Saint-Gobain Weber GMBH.

Graz“)¹⁰⁰ angewandt wurde. Im Rahmen einer realen Architekturplanung wurden Aufbauten bewertet und die Ergebnisse in diese Planung integriert. Darüber hinaus wurde bereits ein Antrag für ein dreijähriges Forschungsprojekt bei der FFG eingereicht, welcher die Weiterentwicklung und Integration der Bewertungsmethode in den Planungsprozess in den Fokus stellt.

¹⁰⁰ Institut für Architekturtechnologie, TU Graz 2024.

6 Ausblick und Empfehlungen

Empfehlungen für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten umfassen die Bewertung der Rückbaubarkeit von Details und von Gebäuden wie auch die rückbaufähige Konstruktion.

Im Bereich der Bewertung betrifft das die Verknüpfung mit unterschiedlichen Planungsphasen und mit unterschiedlichen (3-dimensionalen) Planungsergebnissen. Da bereits in frühen Phasen der Planung die Rückbaubarkeit definiert wird, müssen Bewertungssysteme hier ansetzen. Eine Abbildung unterschiedlicher und 3-dimensionaler Planungsergebnisse ermöglicht zudem die Anbindung an den Planungsprozess.

Wesentlich ist zudem eine umfassende Detaillierung und Weiterentwicklung der Methode, was beispielsweise die Zuordnung zu Lebensdauergruppen, die Gewichtung, die Konkretisierung und Aktualisierung der Bewertungskriterien wie auch die Integration neuer Bewertungskriterien umfasst.

Im Bereich der Konstruktion besteht Bedarf für die weitere Entwicklung rückbaufähiger Details, welche sich am aktuellen Baustandard orientieren. Dies könnte in großem Umfang durchgeführt werden, um für möglichst viele Situationen der Baukonstruktion Lösungen anzubieten. Hierbei sind Expert*innen unterschiedlicher Bereiche des Bauwesens (z.B. Planung, Bauphysik, Bauablauf, Statik) einzubinden und gemeinsam Lösungen zu erarbeiten.

In diesem Kontext sind Entwicklungen welche aktuelle Problemstellen betreffen, beispielsweise im Kontext der Befestigung von Gebäudeabdichtungen, zielführend. Wie auch Demonstrationsvorhaben, welche rückbaufähige Details im 1:1 Maßstab und in einer tatsächlichen Anwendung abbilden.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gebäude-Nutzungstyp anhand Gebäudebestand in Österreich anhand Erhebungen im Jahr 2014 und 2024 sowie Abschätzung des Neubaus, basierend auf Daten der Statistik Austria ..	13
Tabelle 2: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“ - Stahlbetondecke (1).....	31
Tabelle 3: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Attikamauer (2).....	32
Tabelle 4: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Elastomerbitumen-Dampfsperrbahn (3) .	32
Tabelle 5: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, EPS Dämmplatte (4).....	33
Tabelle 6: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Dämmplatte seitlich (6)	33
Tabelle 7: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Gefälledämmung Attika (8).....	33
Tabelle 8: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, WDVS Platte (Mineralwolle) (9).....	34
Tabelle 9: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Armierung mit Gewebe (11)	34
Tabelle 10: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Fugendichtband (12).....	34
Tabelle 11: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Bitumenabdichtung Hochzug (15)	35
Tabelle 12: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Strukturputz (16).....	35
Tabelle 13: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Attikahalterung (18).....	35
Tabelle 14: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Blechverkleidung (20)	36
Tabelle 15: Bewertung „Attika im Stahlbetonflachdach“, Attikaabdeckung (21).....	36
Tabelle 16: Bewertung Standarddetail „Attika im Stahlbetonflachdach“	37
Tabelle 17: Bewertung rückbaufähiges Standarddetail „Attika im Stahlbetonflachdach“	42
Tabelle 18: Bewertung Standarddetail „Fensteranschluss oben, Ziegelwand mit WDVS, Jalousiekasten“	48
Tabelle 19: Bewertung rückbaufähiges Standarddetail „Fensteranschluss oben, Ziegelwand mit ..	52
Tabelle 20: Bewertung Standarddetail „Sockelanschluss aus Stahlbeton und Keller, mit Holzrahmenwand“	57
Tabelle 21: Bewertung rückbaufähiges Standarddetail „Sockelanschluss aus Stahlbeton und Keller, mit Holzrahmenwand“	61
Tabelle 22: Beschreibung der Daten, welche im Rahmen des Projekts verwendet werden	75

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Konstruktive Vielfalt [Institut für Architekturtechnologie (IAT), TU Graz]	16
Abbildung 2: Schritt-für-Schritt-Plan zur Bewertung des Demontagepotenzials eines Produkts oder Elements.....	18
Abbildung 3: Offene Produktkante	22
Abbildung 4: Überlappende Produktkante	22
Abbildung 5: Geschlossene Produktkante	22
Abbildung 6: Standarddetail Attika [Institut für Architekturtechnologie (IAT), TU Graz].....	28
Abbildung 7: Leitdetail Attika [Institut für Architekturtechnologie (IAT), TU Graz].....	39
Abbildung 8: Standarddetail Fensteranschluss oben [Institut für Architekturtechnologie (IAT), TU Graz]	46
Abbildung 9: Leitdetail Fensteranschluss oben [Institut für Architekturtechnologie (IAT), TU Graz]	50
Abbildung 10: Standarddetail Sockelanschluss aus Stahlbeton und Keller, mit Holzrahmenwand [Institut für Architekturtechnologie (IAT), TU Graz]	55
Abbildung 11: Leitdetail Sockel Holz [Institut für Architekturtechnologie (IAT), TU Graz]	59

Literaturverzeichnis

Nicolas Alaux et al., Assessing the prospective environmental impacts and circularity potentials of building stocks: An open-source model from Austria (PULSE-AT). Journal of Industrial Ecology. doi 10.1111/jiec.13558.

Ellen MacArthur Foundation Arup, Circular Buildings Toolkit. Framework. <https://ce-toolkit.dhub.arup.com/framework> [06.12.2023].

B.T. innovation GmbH, Das BT-Spannschloss – die nächste Generation in der Verbindungstechnik. https://www.bft-international.com/de/artikel/bft_Das_BT-Spannschloss_die_naechste_Generation_in_der_Verbindungstechnik-3492029.html [05.12.2024].

Baudatenbank, Service, BIM Daten. <https://www.bdb.at/service/cad-bim> [17.12.2024].

Bauder, CAD Details. <https://www.bauder.at/at/bauder-service/cad-details.html>.

Bauhütte Leitl-Werke GmbH, Wiederverwendbare Ziegel. Eine revolutionäre Entwicklung. <https://www.leitl.at/produkte/re-using-ziegel> [22.07.2024].

Brand Steve, How Buildings Learn. What Happens After they're Built. Tennessee 1995.

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und technologie, klimaaktiv Kriterienkatalog. für Wohnbauten Neubau und Sanierung 2020. Wien 2020.

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und technologie, Sanierungsbonus für Betriebe. Umfassende Sanierungen, Fassaden- und Dachbegrünungen , 2024.

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und technologie, Sanierungsbonus für Private. Ein-/Zweifamilienhaus/Reihenhaus , 2024.

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und technologie, Sanierungsbonus für Private. Mehrgeschoßiger Wohnbau/Reihenhausanlage , 2024.

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Sanierungsbonus. Österreich ist nicht ganz dicht! <https://sanierungsbonus.at/> [21.10.2024].

Capatect, CAPATECT Verarbeitungsanleitung. für die Capatect Wärmedämmverbundsysteme und Zubehör.

Dataholz, Über Dataholz. <https://www.dataholz.eu/index.htm> [17.12.2024].

Hans Daxbeck et al., Projekt UMKAT - Endbericht. Wien , 2015.

DGNB, DGNB SYSTEM FOR NEW CONSTRUCTION. How a new building becomes verifiably sustainable. <https://www.dgnb.de/en/certification/buildings/new-construction>.

Durmisevic. Elma, TRANSFORMABLE BUILDING STRUCTURES. Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction 2006.

Dirk E. Hebel et al. (Hrsg.), Sortenrein bauen. Methode - Material - Konstruktion. München 2023.

European Commission, Level(s). European framework for sustainable buildings. https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en [05.03.2024].

Helmut Haberl et al., High-Resolution Maps of Material Stocks in Buildings and Infrastructures in Austria and Germany. *Environmental science & technology*, 3368–3379. doi 10.1021/acs.est.0c05642.

Annette Hillebrandt et al., Atlas Recycling. Gebäude als Materialressource. Edition Detail. München 2021.

Martin Höher, Franz Dolezal und Lorenz. Stirimitzer, Moderner Holzbau. Nachhaltig bauen mit innovativen Holzbaustoffen , Mai 2021.

IIBW - Institut für Immobilien, Umweltbundesamt GmbH, Monitoring-System zu Sanierungsmaßnahmen in Österreich 2023 , Dezember 2023.

Institut für Architekturtechnologie, TU Graz, Studie Rückbaubarkeit Aufbauten - Zentralküche Graz. <https://graz.elsevierpure.com/de/projects/sufu-k%C3%BChegraz-study-on-deconstructability-of-construction-varian>.

Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen 2015

Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen. Dessau-Roßlau , 2015.

knauf GmbH, W115.de Knauf Metallständerwände. Doppelständerwerk entkoppelt.

Thomas Lichtensteiger (Hrsg.), Bauwerke als Ressourcennutzer und Ressourcenspender in der langfristigen Entwicklung urbaner Systeme. Ein Beitrag zur Exploration urbaner Lagerstätten. 1. Aufl. Zürich 2006.

Markus Meissner, Roman Borszki, Thomas Romm, Irene Schanda, Matthias Neitsch, FAQs zu Re-Use von Gebäudekomponenten. Re-Use und Vorbereitung zur Wiederverwendung. <https://drive.google.com/file/d/149A19X0Vs6xpN8CnoW4hZNMUUhWDAfLK/view?usp=sharing> [05.12.2024].

Peter. Maydl, Zukunftsfähige Fassadensysteme im geförderten Wohnbau. Studie 2021.

Karl Mezera, Thomas Bednar und Christof Riccabona, Baukonstruktion. Grundlagen des Bauens, Bauelemente und Bauphysik. Wien 2017.

Chris Morgan und Fionn Stevenson, Design for Deconstruction. SEDA Design Guides for Scotland: Nr. 1 2005.

José Luis Moro et al., Baukonstruktion - vom Prinzip zum Detail. Konzeption. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg 2019.

Österreich auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zirkulären Gesellschaft 2022

Österreich auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zirkulären Gesellschaft. Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie. Wien , 2022.

Peikko, SUMO® Wandschuhe. Schraubverbindungen für Wandanschlüsse , 2021.

Plattform Fenster Österreich und Bundesverband Sonneschutz Technik, Fenster und Beschattung gemeinsam optimal gestalten im Kontext des Klimawandels. Coole Fenster für coole Räume - 10 goldene Regeln , 2022.

Saint-Gobain Weber GMBH, weber.therm circle. Das erste kreislauffähige WDV-System.

SFS Group AG, isoweld®. Durchdringungsfreie Feldbefestigung. <https://de.sfs.com/flachdach/systeme/isoweld> [05.12.2024].

Sika Österreich, Konstruktion: Dach Warmdach Bekiest. Detail: Systemschnitt auf Beton / Holz / Profilblech. <https://aut.sika.com/dam/dms/at01/a/DRAW-Warmdach-bekiest-Systemschnitte-mit-U-Wert.pdf> [30.04.2024, 11:40].

Sika Österreich, Verlegeanleitung Bitumenabdichtungssystem.

Stadt Wien, Zirkularitätsfaktor zur Bewertung des Kreislaufpotenzials. VIE.CYCLE – zirkuläres Bauen. <https://viecycle.wien.gv.at/zirkularitaetsfaktor-zur-bewertung-des-kreislaufpotenzials> [06.12.2023].

Statistik Austria, Gebäude- und Wohnungsregister 2014. Bestandsdaten von Gebäuden und Wohnungen nach ausgewählten Merkmalen. https://www.statistik.at/fileadmin/pages/490/GWR_Paket_2014-2021.zip [05.12.2024].

Statistik Austria, Gebäude- und Wohnungsregister 2024. Bestandsdaten von Gebäuden und Wohnungen nach ausgewählten Merkmalen. <https://www.statistik.at/fileadmin/pages/490/GWRPakete2024DE.zip> [05.12.2024].

Alexander Storch und Wolfgang Schieder, Definition und Messung der thermisch-energetischen Sanierungsrate in Österreich. Wien , 2020.

Alfred Teischinger, Robert Stingl und Marie Louise. Zukal, Holzbauanteil in Österreich. Statistische Erhebung von Holzbauvorhaben. <https://www.proholz.at/publikationen/holzbauanteil-in-oesterreich>.

United Nations Environment Programme, Global Status Report for buildings and construction. Beyond foundations: Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector , 2023.

United Nations Environment Programme, Global Resources Outlook 2024. Bend the Trend – Pathways to a liveable planet as resource use spikes , 2024.

Mike van Vliet, Jip van Grinsven und Jom Teunizen, Circular buildings. Disassembly potential measurement method , Mai, 2021.

Wienerberger, Wienerberger Bausysteme. <https://www.wienerberger-bausysteme.at/> [18.07.2024].

Abkürzungen

usw.	und so weiter
ca.	circa
z.B.	Zum Beispiel
usw.	Und so weiter
bzw.	beziehungsweise
u.a.	unter anderem
2D	Zweidimensional

